



EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut

**Sander Lipand**

**HARVENDUSRAIETEGA MÕJUTATUD KUUSIKUTE  
SEISUNDI HINDAMINE JÄRVAMAA METSKONNAS**

**VITALITY ASSESSMENT OF THINNED SPRUCE STANDS IN  
JÄRVAMAA FOREST DISTRICT**

Magistritöö

Metsatööstuse õppekava

Juhendaja: professor Henn Korjus, PhD

Tartu 2018

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Sander Lipand		Õppekava: Metsatööstus	
Pealkiri: Harvendusraietega mõjutatud kuusikute seisundi hindamine Järvamaa metskonnas			
Lehekülgi: 49	Jooniseid: 25	Tabeleid: 5	Lisasid: -
Õppetool:		Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool	
ETIS teadusvaldkond ja CERC-S kood:		B430 Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia	
Juhendaja:		Henn Korjus, <i>PhD</i>	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Tartu, 2018	
<p>Kõige enam kasvab kuusikuid vanuseklassis, kus on harvendusraie alles teostatud või on planeerimisel, seetõttu on oluline hinnata harvendusraiete teostamist ja sellega kaasnevaid mõjusid.</p> <p>Magistritöö eesmärk oli hinnata harvendusraie tulemusel tekkinud muudatusi kuuse enamusega puistudes. Uurida tervete, vigastatud ja surnud puude osakaalu enne ja pärast harvendusraiet ning viis aastat pärast harvendusraiet. Hinnata kändude seisukorda ja selgitada südamiku mädanikuga kändude osakaalu puistus.</p> <p>Töös kasutatud andmed on kogutud RMK Järvamaa metskonna Rava metsandiku kuuse enamusega puistudest, kokku teostati andmete kogumist 15 eraldisel ja igale eraldisele valmistati prooviala suurusega 0,4-0,7 hektarit. Proovialadel hinnati kõikide puude ja kändude seisundit, valiti puistut iseloomustavad mudelpuud ning mõõdeti nende kõrgus ja diameeter. Välitöid tööd tehti juuli-september 2017 ja märts-aprill 2018.</p> <p>Töö tulemustes selgus, et harvendusraie tulemusel loodi paremad kasvutingimused tervetele kuuskedele, vähenes ulukikahjustusega ja surnud kuuskede osakaal. Harvendusraie järgselt esines üksikuid surnud kuuski, kuid viis aastat pärast harvendusraiet oli tõusnud surnud kuuskede osakaal, keskmiselt 11% puistus olevatest kuuskedest oli surnud. Harvendusraie järgselt hinnatuna oli suurenenud muude vigastustega kuuskede osakaal, mis oli põhjustatud raiel kasutatud masinate poolt.</p>			

Magistritöös saadud tulemuste põhjal tuleks tulevikus teha veelgi enam proovialasid kuusikutes, et selgitada kuidas mõjutab lehtpuude osakaal puistus põtrade poolt tekitatud kahjustuse ulatust ning juurepessu levikut.

Märksõnad: *Picea abies*, harvendusraie, ulukikahjustus, tuulekahjustus, juuremädanik

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Master's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Sander Lipand		Curriculum: Forest Industry	
Title: Vitality assessment of thinned spruce stands in Järvamaa forest district			
Pages: 49	Figures: 25	Tables: 5	Appendixes: -
Department:		Chair of Forest Management Planning and Wood Processing Technologies	
Field of research and (CERC S) code:		B430 Sylviculture, forestry, forestry technology	
Supervisors:		Henn Korjus, <i>PhD</i>	
Place and date:		Tartu, 2018	
<p>Spruce stands are most commonly in age classes where thinning is planned or has been recently performed, therefore it is important to evaluate the impact of thinning.</p> <p>The purpose of this Master's thesis is to evaluate the changes by thinnings in spruce stands and to study the proportion of damaged or dead trees before and after thinning, as well as five years after thinning. Also, the condition of the stumps was examined, establishing the proportion of root rot of stumps in the sample areas.</p> <p>The information used for the study was collected in Rava area in RMK Järvamaa forest district from the spruce stands as sample areas. In total, data was collected on 15 sample areas, each had a sampling area of 0.4-0.7 hectares. In a sample area, the condition of all trees and stumps was evaluated, model trees were chosen to represent the forest stand, and their height and diameter were measured. The fieldwork was carried out during July - September 2017, and during March - April 2018.</p> <p>The results show that thinnings created better conditions for healthy spruce trees, whereas the proportion of game damaged or dead spruce trees decreased. Directly after thinning, some dead spruce trees could be noted, but five years after thinning, the amount of dead spruce trees has increased. On average, 11% of the trees were of dead spruces. The amount of damaged spruces had increased by thinning, due to the machinery used to carry out the</p>			

thinning.

On the basis of the results obtained from the Master's thesis, more sample areas should be examined in spruce woods, to explain how the proportion of deciduous trees affects amount of damage caused in spruces by deer, as well as the spread of root rot.

Keywords: *Picea abies*, thinning, wind damage, wildlife damage, root rot

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	9
1.2 Harvendusraied kuusikutes.....	9
1.3 Harvendusraiete seosed juuremädanike levikuga.....	11
1.4 Harvendusraiete seosed tormikahjustustega.....	12
1.5 Harvendusraiete seosed ulukikahjustustega .....	14
1.6 Kahjustatud kuusikute osatähtsus .....	15
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	17
2.1 Riigimetsa Majandamise Keskuse Järvamaa metskonna iseloomustus .....	17
2.1 Proovialade valik .....	20
2.3 Proovialade üldiseloomustus .....	21
2.3 Välitööd proovialadel .....	23
2.5 Andmetöötlus .....	24
3. TULEMUSED .....	25
3.1 Proovialade seisund .....	25
3.1.1 Harilik kuusk .....	25
3.1.2 Teised puuliigid .....	29
3.1.3 Kännud .....	30
3.2 Kontrollalad enne ja pärast harvendusraiet .....	32
3.3 Ulukikahjustusega ja –kahjustuseta proovialad viis aastat pärast harvendusraiet.....	38
ARUTELU JA JÄRELDUSED.....	42
KOKKUVÕTE .....	44
KASUTATUD KIRJANDUS .....	46

## SISSEJUHATUS

Harvendusraie käigus raiutakse puistust välja vigastatud, halva tüvevormiga, haiged ja surnud ning üksteise kasvu takistavad terved puud, et saavutada puistus paremad kasvutingimused allesjäävatele puudele. Harvendusraiet võib teha metsa kasvatamise jooksul mitu korda (RMK Aastaraamat 2016). Harvendusraie mahud olid Eestis 2015. aastal 18 800 ha ehk 24,2% kogu raiete pindalast, sellest riigimetsas 13,3% ja erametsas 10,9% (Aastaraamat... 2017).

Hariliku kuuse enamusega puistute pindala moodustab 18,5% metsamaa pindalast Eestis, kuusest suurema pindalaga enamuspüliigid on harilik mänd 31,8% ning aru- ja sookask 29,5% (Aastaraamat... 2017). Kuuse puit on pehme ja kergesti töödeldav ning seda kasutatakse ehitusmaterjalina, muusikariistade valmistamisel, konstruktsioonimaterjalina, paberitööstuse toorainena ja kütteks (Roht 2013). Kuuse koort on kasutatud naha parkimiseks, kuuse vaiku kasutatakse meditsiinilistel eesmärkidel ning erinevate lakkide valmistamisel (Laas 2004).

Magistritöös uuritakse Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) Järvamaa metskonna Rava metsandiku kuuse enamusega puistuid. Järvamaa kuusikud on nooremaealised, kõige suurem on kuusikute pindala, mis on vanuses 41-50 aastat, kus harvendusraie on äsja teostatud või planeerimisel (RMK Järvamaa...2013).

Puidutööstusele kvaliteetse tooraine tagamiseks ka tulevikuks on oluline hinnata harvendusraiate teostamist ja sellega kaasnevaid mõjusid. Harvendusraie tulemusel võib esialgu õnnestunud harvendusraie muutuda metsale kahjulikuks, põhjustades mitmesuguseid kahjustusi, mis võib soodustada puistu kasvukiiruse vähenemist. Käesoleva töö kirjeldab harvendusraie tulemusel tekkinud kahjustusi kuusikutes.

Uurimuse läbi viimiseks teostati töid 15. eraldisel. Puistu seisundi hindamine tehti viiel harvendusraie eraldisel enne ja pärast harvendusraiet ning kümnel eraldisel siis, kui harvendusraie teostamisest oli möödas viis aastat. Puistu seisundi hindamiseks tehti eraldisele prooviala 0,4-0,7 hektarit ja välitööd tehti juuli-september 2017 ja märts-aprill 2018.

Magistritöö eesmärgid on järgmised:

1. Leida uuritavatel eraldistel hariliku kuuse rinnaspindala, tagavara ja täius.
2. Selgitada hariliku kuuse tagavara muutus puistus harvendusraie tulemusel.
3. Uurida kuuse vigastatud puude osakaalu enne ja pärast harvendusraiet.
4. Uurida kuuse surnud puude osakaalu enne, pärast ja viis aastat pärast harvendusraiet.
5. Hinnata teiste puuliikide osakaalu muutust pärast harvendusraiet.
6. Hinnata kändude seisukorda ja uurida juurepessuga kändude osakaalu puistus.

Magistritöö esimeses osas antakse ülevaade probleemi käsitlest kirjanduses, sealhulgas kirjeldatakse harvendusraied kuusikutes. Suuremat tähelepanu pööratakse puistus esinevate kahjustuste seostele harvendusraietega. Teises osas kirjeldatakse proovialasid ja välitööde metoodikat ning andmete analüüsi. Töö kolmandas osas kirjeldatakse saadud tulemusi ning neljandas osas on tulemuste arutelu.

## **Tänuavaldus**

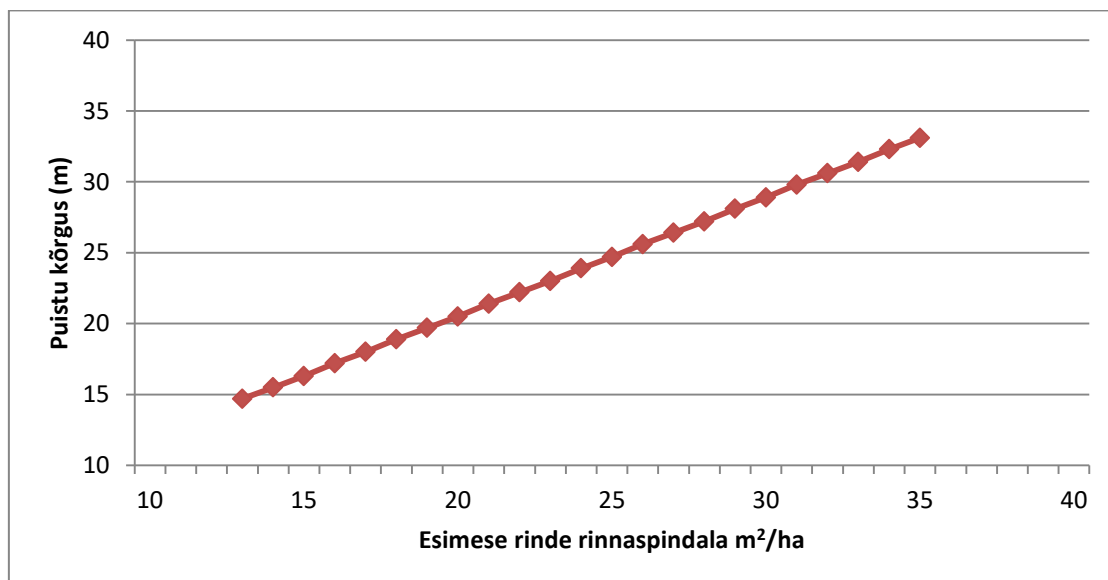
Avaldan tänu magistritöö juhendajale Henn Korjusele, kes oli suureks abiks proovialade valimisel, töö koostamisel ja teksti redigeerimisel. Samuti tänan andmeanalüüside teostamiseks kasulike nõuannete eest Andres Kivistet. Lisaks tänan hea koostöö eest RMK Järvamaa metskonda ja RMK metsakorraldusosakonda, kes jagasid informatsiooni eraldiste ja harvendusraie mahtude kohta.



# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.2 Harvendusraied kuusikutes

Harvendusraie põhiliseks eesmärgiks on parandada puistu kvaliteeti ja tõsta majanduslikku tootlikkust. Tegemist on metsakasvatuse võttega, kus vähendatakse puistu tihedust, et luua paremad tingimused ruumi, pinnavee, mineraaltoitainete ja valguse osas. Harvendusraie eesmärgiks võib olla ka puistu liigilise koosseisu muutmine. Harvendusraiete teostamine tagab lõppraies parema sortimentatsiooni (Gary ja Jens 2011). Eestis on harvendusraie lubatud üle 8 cm rinnasdiameetriga puistudes ja mille rinnaspindala ületab metsa majandamise eeskirjas olevaid alammäärase. Näiteks 20 meetrises kuuse puistus peab minimaalne rinnaspindala olema pärast harvendusraiet 20,5 m<sup>2</sup>/ha (joonis1) (Metsa majandamise eeskiri 2014).



**Joonis 1.** Kuusiku esimese rinde rinnaspindala alammäär pärast harvendusraiet, m<sup>2</sup>/ha (Metsa majandamise eeskiri 2014)

Harvendusraie teostamine kuusikutes on oluline, kuna looduslikul teel puhtpuistuid üldiselt ei teki (Tullus 2002). Noores eas jääb kuusk kasvukiiruselt männile ja kasele alla, keskeas läheb aga ette (Laas 1987). Kuusikute hooldamisega tuleb alustada nooremas eas, sest kuusikud kohanevad harvendusraie järgselt uute tingimustega aeglaselt. Hariliku kuuse harvendusraied saab jaotada kaheks – harvendusraied 20-40 aastases puistus ja harvendused pärast 40 aastaseks saamist (Tullus 2002). Harilik kuusk on tundlik juuremädanike tekkele ja seetõttu tuleb harvendusraiet teostada talvel külmunud ja lumega kaetud pinnasel (Owende jt 2002).

Enamlevinud harvendusraie olukorrad 20-40 aastases kuusiku puistus jagunevad kolmeks:

- Kuuse puhtpuistu, mis on varasemalt nõuetekohaselt hooldatud, tihedus on 2000-3000 puud hektari kohta. Otsene harvendamise vajadus puudub, välditakse juuremädaniku teket. Harvendamise vajadus tekib 40-50 aastase sagedusega 1-2 korda. Väikestes puistudes võib regulaarselt hukkuvaid puid eemaldada, kuid oluline on töid teostada talvel, säästes sellega pinnast ja juurestikku (Tullus 2002).
- Segametsade puistu, kus kuused moodustavad  $\frac{3}{4}$  puistu tagavarast. Sellise puistu põhjuseks võib olla madala kvaliteediga istutusmaterjal või ebapiisav varasem metsa hooldus. Kuusele kasvuruumi tegemiseks tuleb lehtpuud eemaldada ja säilitada lehtpuud kohtades, kus kuusk puudub. Kuuse täius peab jääma 0,6-0,7. Tuule- ja ulukikahjustuste vältimiseks tuleb säilitada lehtpuude osakaal  $\frac{1}{3}$  puistu kogumahust, samuti juuremädaniku ära hoidmiseks tuleb lehtpuude osakaalu suuremana hoida (Tullus 2002).
- Kuusk on jäänud teise rindesse. Harvendusraied tuleb teostada mitmes etapis, soovitatav on lehtpuude osakaalu vähendamiseks läbi viia 2-3 harvendusraiet intervalliga 5-7 aastat. Mitmes etapis harvenduse läbiviimine aitab vähendada uluki- ja tuulekahjustusi, lisaks aitab kuusel paremini kohaneda uute tingimustega. Pärast esimest harvendust peab täius jääma vähemalt 0,6 (Tullus 2002).

Harvendusraie teostamisel pärast 40 aastases puistus tuleb jälgida, et puistu jääks tuulekindlaks. Selles vanuses enam puistu koosseisu ei muudeta, vanem puistu reageerib aeglaselt kasvutingimuste muutustele. Puistu täius peab olema vähemalt 0,7. Soovitatav on teostada kaks harvendust intervallidega 10-15 aastat, kuid oluline on jälgida puistu üldist seisundit (Tullus 2002). Harvenduse käigus tagatakse puistu ühtne liigiline koosseis ja vanuseline jaotumine. Lõppeesmärgiks on saavutada lõppraiesse minevate puude

maksimaalne väljatulek ja raieküpsus (Laas jt 2011). Jälgima peab juuremädaniku, uluki- ja putukakahjustust. Ei ole majanduslikult põhjendatud säilitada kuuse puistut, mis hakkab ajas väärtust kaotama. Tuleb hinnata kogu puistu seisundit ja ajastada õigeaegselt uuendusraie (Tullus 2002). Swedjemark ja Stenlid (1993) tehtud uurimus Rootsi kuusikutes näitas, et vanemas eas harvendusraiate teostamine on eriti ohtlik ja soodustab juuremädanike levimist.

### 1.3 Harvendusraiate seosed juuremädanike levikuga

Kõige levinum juuremädanike tekitaja Eesti metsades on juurepess (*Heterobasidion spp.*), mis on meie metsade kõige ohtlikum haigustekitaja, tekitades tüve- ja juuremädanikku. Juurepess pidurdab juurdekasvu, mis halvendab puu tervislikku seisundit ja võib viia puu hukkumiseni (Hanso ja Õunap 2016).

Juurepess levib metsades juurevigastuste, tüvehaavandite ja eelkõige kändude kaudu, kännud nakatuvad õhus levivate eoste abil ja sealt edasi kandub seenemütseel juurte kaudu lähedal olevatele puudele. Õhus levivad eosed eelkõige suvisel perioodil (Hanso ja Drenkhan 2005). Juurepess levib temperatuuri vahemikus 0-34°C, kõige sobilikum temperatuur levimiseks on 22-28°C. Juurepessu seeneniidistik ei ole võimeline levima alla 0°C (Hanso, Hanso 1999).

Eestis on harvendusraie mõju juurepessu levikule uurinud Lembit Muiste, kes oma uurimuse käigus rajas Lõuna-Eesti põllumaale istutatud kuusikutesse viis erinevat harvendusraie katseala, kus juurepessu ei esinenud. Kuuskede vanused katsealadel jäid vahemikku 10-18 aastat. Kõik harvendusraied katsealadel teostati suvisel perioodil ning raied viidi läbi erinevatel viisidel. Katsealadel tehtud uuringud 30-40 aastat hiljem Märt- ja Silja Hanso poolt näitasid, et paranesid järele jäänud puude valgustingimused ja suurenes toitainete kättesaadavus. Tingimuste paranemine sõltus suuresti harvendusraie intensiivsusest, mida intensiivsemalt oli harvendusraie teostatud, seda suurem oli puistu juurdekasv. Puude kiirem kasv aga vähendas puidu vastupanu haiguste kaitseks, sest kiirem kasv vähendas puidus kaitseainete sünteesiks mõeldud varuainete hulka. Selle tulemusel oli hõredamalt harvendatud proovitükkidel juurepessu nakatunud puude osakaal

väiksem, kui intensiivselt harvendatud aladel. Lisaks harvendusraie tüübile sõltus juurepessu levik kändude niiskussisaldusest, mulla omadustest ja õhus levivate juurepessu eoste hulgast raie teostamise ajal (Muiste 1965, Hanso ja Hanso 1999).

Järvelja õppe- ja katsemetskonnas ning RMK Tartumaa metskonnas analüüsiti kümmet erinevat harvendusraie järgset kuusepuistut vanuses 31-57 aastat. Juurepessu esinemist analüüsiti DNA-analüüside abil. Esmakordselt koguti andmed kümnest hariliku kuuse puistust aastal 2013 ja kaheksa ala kümnest oli juurepessuga nakatunud, tüvemädanikku esines viies puistus. Uurimuses selgus, et talvel teostatud harvendusraie proovitükkidel esines juurepessuga nakatunud puid rohkem, kui varakevadel ning suvel teostatud harvendusraie proovitükkidel (Rähn 2014). Kaks aastat hiljem teostati nendel proovialadel sama metoodikaga uued DNA-analüüsid juurepessu esinemise kohta ning selgus, et juuremädanike esinemine on proovialadel kasvanud. Mädaniku ulatus kolmes puistus kümnest oli jäänud samaks ja viiel alal oli juurepessu ulatus kasvanud. Kahe aastase perioodi jooksul kõige suurem nakkuse osakaal kasvas ühel proovialal 10%-lt 44%-ile ning kõige ulatuslikumalt mädaniku kõrguse kasv oli ühel proovialal kahe aastase perioodi jooksul 96 cm. Selle uuringu tulemused näitasid harvendusraiate mõju juuremädanike levimisele puudes ja puistus. Juurepessu levikut soodustab harvendusraie aeg. Kahe aastase perioodi jooksul oli suvel teostatud proovitükkidel juurepess efektiivsemalt levinud, kui talvisel perioodil. Lisaks on oluline puistu vanus, vanemas eas raied soodustavad juuremädanike levikut rohkem, kui nooremas eas (Fjodorov 2017).

## **1.4 Harvendusraiate seosed tormikahjustustega**

Harvendusraietel on negatiivne mõju tuulekahjustustele. Rootsis on uuritud tuulekahjustusega puistuid ning uuringud on tõestanud, et harvendusraie järgsetel aladel tekib kõige enam tuulekahjustust (Valinger ja Pettersson 1996). Soomes aastal 2001 said Pyry ja Janika tormi ajal enim kahjustada puistud, kus oli teostatud harvendusraie (Zubizarreta-Gerendiain jt 2012). Eestis on tuulekahjustuste jälgimine näidanud, et tuulekahjustused on suurenenud eelkõige 90-ndate teises poolel, kui on suurenenud hooldusraiate osakaal kogu raietest (Etverk 2003). Kõige suuremat kahju tekitab tuul kevadisel ja sügisel perioodil, kui sulanud ja vesine pinnas ei paku juurestikule

vastupanuvõimet tuulte suhtes. Külmunud pinnasega talvisel perioodil on juurestik pinnases hästi toetatud ja tuule suhtes vastupidavam (Suvanto jt 2016). Puude tundlikus tuulekahjustuse vastu on suuresti mõjutatud puu kõrgusest, läbimõõdust, võrastikust, juurestikust ning puistu tihedusest. Oluliselt rolli mängib ka tuule keskmine kiirus ja selle kestus (Nykänen jt 1997). Tuulekahjustused jagunevad kaheks – tuulemurd ja tuuleheide. Tuuleheite puhul on tuul puhunud puu pikali koos juurtega, kuid tuulemurru puhul on puu murdunud tüvest pooleks (Cremer jt 1982). Puistus kasvavad puud pakuvad omavahel vastastikust toetust, suurendades üheskoos võrastiku laiust ja seetõttu jaguneb tuule koormus puude vahel võrdselt. Pärast harvendusraiet on puistu tihedus väiksem ja tuule koormus ühe puu kohta suureneb (Brüchert ja Gardiner 2006). Suurenenud tuule koormus ühe puu juurestikule ja võrastikule võib tekitada tuuleheidet või tuulemurdu, mille tulemusel pärast puu langemist kandub tuule koormus järgmisele puule. Sellised tuule koormused ühelt puult teisele kandumised võivad tekitada olukorra, kus ühe puu langemine tekitab rea teiste puude langemist (Cremer jt 1982). Harvendusraie järgsete mõjude hindamine on näidanud, et tuulekindluse kõige suuremaks teguriks on kokkuveoteed ja nende vahekaugused, mis tekitavad tuulekoridore puistus. Vahekaugustest sõltub tuule läbipääs läbi puistu, mida väiksemad on vahekaugused, seda tuuletundlikum on puistu (Gardner jt 1997). Tuulekindla puistu loomiseks ei tohi harvendusraiet teostada ühes etapis, vaid harvendust tuleb teostada hõredalt ja mitmes etapis. Harvendada tuleb puistut nooremas eas, kui puude kõrgus on 10-12 meetrit. Selline harvendamise loob võimaluse järelejäanud puude juurestiku arenguks (Shütz 2006). Oluline on, et tuulepoolsed metsaservad oleksid tuulekindlad, selleks tuleb noortes puistudes enamustuulte poolsed servad 20-30 meetri laiuselt harvendada, et saavutada tugev juurtekava. Kõrgemas vanuses on seda teha hilja ja loodetud kasu asemel saavutatakse kahju, viies puistu tuule ja tormi hädaohtu (Saar 1943).

Tuulekahjustuse mõjuna jääb väärtuslik materjal metsa vedelema ja loob elutingimused üraseklastele. Üraseklased võivad puistus massiliselt paljuneda ning toidupuuduses võivad üraseklased terveid puid kahjustama hakata. Üraseklaste massiline levik võib lõppkokkuvõttes puistule kordades suuremat kahju tekitada, kui ainult tuulekahjustusest kaduma läinud väärtuslik materjal (Cremer jt 1982).

Viimase saja aasta ulatuslikum torm laastas Eestit 1967. aasta augustis. Augustitormi järgselt raiuti silmamõõduliselt ligi 4 miljonit tihumeetrit puitu, mis moodustas ligi 60% eelnenud aasta keskmisest raiemahust (Etverk 1998). Viimaste aastate kõige enam kahju

teinud torm räsib Lõuna-Eestit aastal 2016, kus äikesetorm paarikümne minutiga murdis mahu Kagu regiooni kolme kuu raie mahu. Kahjustatud alade suurus ulatus 3500 hektarini ning välja toodi 370 000 m<sup>3</sup> puitu, mis oli RMK aastasest raie mahust 9% (RMK Aastaraamat 2016).

## **1.5 Harvendusraiate seosed ulukikahjustustega**

Metsakahjustuse inventuurid ulukikahjustuste hindamisel kinnitavad, et pärast hooldusraiet suureneb kuuskede koorimine ulukite poolt, hõredas puistus on põdral lihtsam liikuda ja paremates valgustingimustes kasvanud kuuse koor on kaltsiumirikkam. Ulukikahjustuse intensiivsust seostakse põtrade suure asustustihedusega ning sellest tingitud toidupuudusega. Seda kinnitab asjaolu, et 1970-ndatel oli põdra arvukus Eesti enneolematult kõrge ja sellel perioodil täheldati esimest korda tüvede koorimist kuusikutes (Randveer 1994). Soome riiklike metsainventeerimise andmete põhjal aastatel 1986-2004 põdrakahjustuse ulatus oli kogu metsade pindalast 2,2%, aastatel 1996-2003 oli 3,2% ning aastatel 2004-2008 oli 4,9%. Loodusliku harvenemise ja harvendusraie puistude võrdluses ilmnes põdrakahjustuse suuremat esinemist harvendusraie aladel (Nevalainen jt 2016).

Vaatlused on kinnitanud, et põder eelistab pehme koorelist kuuske ja valitakse välja paremad kuused. Põder ei eelista vanu ja juba korbastunud puid. Üldiselt põdrad koorivad kuuski sügisel ja kevadel, talvel külmadega kuuse koor jääb ning muutub vähem atraktiivseks põdra jaoks (Randveer 1994). Põtrade maosisuproovide analüüsid aastatel 1990-1995 näitasid, et kuuske esines igal aastal 7-18% uuritud proovidest. Põder eelistab süüa lehtpuid, kuid vähese valiku korral sobivad okaspuud samuti. Suured erinevused maoproovide analüüsides tekkisid sügisel perioodil ja põtrade asustustiheduse muutumisel. Tihedam asustustihedus tähendas suuremat konkurentsi toidu nimel ning kuuse sisaldus põdra maoproovides suurenes (Tõnisson ja Mardiste 1996).

Põtrade poolt tekitatud tüvekahjustuste tagajärjel pääsevad kuuse koorehaavanditest puitu tüvemädanikku põhjustavad seente eosed ja kahjurputukad, mis võib viia lõpptulemusena puu hukkumiseni. Koorehaavandites tegutsevad putukkahjurid on söögiks rähnidele, kes oma toidu otsingutega puidus võivad kiirendada puu hukkumist. Suur osa kooritud puudest

hukuvad haavandi kohast, mis risustab ja hõrendab metsa, mis omakorda muudab puistu tundlikumaks tormikahjustuste suhtes (Randveer 1994).

Ulukikahjustuse vältimiseks on mõistlik harvendusraie käigus äärealad metsakultuurides tihedamaks jätta, et takistada ulukite sissepääsemist puistusse. Kuuse tüvede koorimise vältimiseks on soovitatav tüved kraapida ilma kambiumi vigastamata, et tekiks vaigueritus. Vaik on mõru maitsega ja põder seda süüa ei eelista. Ühe võimalusena on rajada söödapõllud endistele karja- ja heinamaadele, mida enam ei harita. Rajada selle lähedusse soolakud, mis meelitaks põdrad sinna sööma, mis hoiaks põdra väärtuslikumatest kultuuridest eemale (Tannik 2008).

## **1.6 Kahjustatud kuusikute osatähtsus**

Metsaregistri andmebaasi põhjal seisuga 13.09.2016 on kahjustusega puistuid Eestis 255 249 ha ja sellest kuusikud 82 502 ha ehk 32,3 %. Järvamaal on kahjustustega puistuid 26 143 ha, sellest kuusikud 9719 ha ehk 37,2 % (Metsaregister 2016).

Kahjustunud kuusiku puistudes kõige enam esineb ulukikahjustusi, mis moodustavad 67% kogu kahjustustest kuusikus, teisena on juurepessu kahjustusega kuusikud, mis moodustavad 27%. Vähem esineb tormikahjustuse ja mehaaniliste vigastusega puistuid, vastavalt 3% ja 0,18%.

Järvamaa metsades on samuti kõige suurema osakaaluga ulukikahjustused, moodustades 72% kogu kahjustunud kuusiku puistudest, ületades sellega Eesti keskmist. Järgnevad juurepessu kahjustusega kuusikud 29% ning vähem esineb tormikahjustusega ja mehaaniliste vigastustega kuusiku puistuid, vastavalt 2% ja 0,25% (tabel 1) (Metsaregister 2016).

**Tabel 1.** Kahjustatud kuusikute kahjustuste jagunemine kahjustajate lõikes Eestis ja Järvamaal (Metsaregister 2016)

	<b>Eesti</b>		<b>Järvamaa</b>	
<b>Kahjustuse iseloomustus</b>	<b>Pindala (ha)</b>	<b>Osakaal (%)</b>	<b>Pindala (ha)</b>	<b>Osakaal (%)</b>
Ulukikahjustusega kuusikud	54873	67%	6996	72%
Juurepessu kahjustusega kuusikud	22222	27%	2866	29%
Tormikahjustusega kuusikud	2482	3%	221	2%
Mehaaniliste vigastustega kuusikud	140	0,18%	24	0,25%



## **2. MATERJAL JA METOODIKA**

### **2.1 Riigimetsa Majandamise Keskuse Järvamaa metskonna iseloomustus**

Eesti pindalast moodustavad 53,2% metsad ja maakondade võrdluses on Järvamaa metsasus alla Eesti keskmise, kattes 50,9% Järvamaa pindalast metsadega, moodustades kogu riigi metsamaa pindalast 5,4% (Aastaraamat... 2016).

Järvamaa metskonna üldpindala on 71 450 hektarit, millest metsakorralduslikult inventeeritud metsade üldpindala on 64 153 hektarit, sellest 77% (49 616 ha) moodustavad metsamaad, mittemetsamaad 19% (12 397 ha) ja vähetootlikud metsamaad 3% (2140 ha). Järvamaa metskond jaguneb neljaks metsandikuks - Väätsa (25 036 ha), Türi (14 625 ha), Rava (13 534 ha) ja Kabala metsandik (10 955 ha). Metsamaa jagunemisel majandamiskategooria lõikes moodustavad 66,9% majandatavad metsad, 20% majanduspiirangutega metsad ja 12,8% rangelt kaitstavad metsad.

Metsamaa pindala jagunemisel peapuuliigi järgi on kõige enam Järvamaa metskonnas männikuid 36,9%, teisena kuusikud 32,1%, kolmandana kaasikud 26,4% ning järgnevad haavikud 2,2%, hall-lepikud 1,5% ja teised ülejäänud puuliigid 0,6%.

Kuni aastani 2008 oli harvendusraie mahud muutlikud, harvendusraied teostasid väikesed metskonnad erineva intensiivsusega ja harvendusraied teostati 250-450 hektaril aastas. Pärast RMK-s teostatud struktuurimuudatusi on harvendusraie mahtude pindala stabiliseerunud, keskmiselt aastas teostatakse harvendusraied 400-500 hektaril. Harvendusraie mahud on suuresti sõltuvuses ilmastiku poolt tekitatud kahjustustest ja sellega kaasnevatest sanitaarraiete mahtudest (RMK Järvamaa...2013).

Aastal 2016 teostati harvendusraied Järvamaa metskonnas 447 hektaril, kõige enim harvendusraied teostati Türi metsandikus, mis moodustas 52,7% kogu aastasest harvendusraie mahust. Aastal 2017 harvendusraied teostati 471,97 hektaril ja kõige rohkem teostati Rava metsandikus, moodustades 38,8% kogu Järvamaa harvendusraie raiemahust. Keskmiseks harvendusraie eraldise pindalaks aastal 2016 oli 1,94 ha ja 2017 aasta 2,37 ha (tabel 2) (RMK 2018).

**Tabel 2.** Järvamaa metskonnas tehtud harvendusraie pindalad 2016 ja 2017 aastal (RMK 2018)

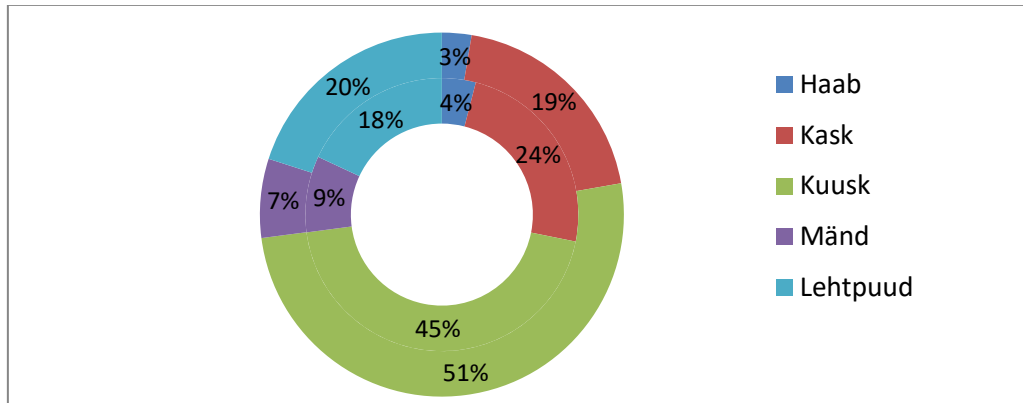
Metsandik	2016		2017	
	Eraldiste pindala (ha)	Osatähtsus (%)	Eraldiste pindala (ha)	Osatähtsus (%)
Kabala	124,67	28%	90,53	19%
Rava	64,55	14%	183,29	39%
Türi	235,67	53%	101,87	22%
Väätsa	22,12	5%	96,28	20%
Kokku	<b>447,01</b>	<b>100%</b>	<b>471,97</b>	<b>100%</b>

Harvendusraie maht oli kõikide Järvamaa metsandike peale kokku 2016 aastal 25 773 m<sup>3</sup> ja 2017 aasta oli 26 228 m<sup>3</sup>. Harvendusraie keskmiseks mahuühikuks oli 2016 aasta 58 m<sup>3</sup>/ha, kõige enam Rava metsandikus 63 m<sup>3</sup>/ha. Aastal 2017 oli keskmiseks mahuühikuks 54 m<sup>3</sup>/ha ja kõige enam Rava metsandikus 54,53 m<sup>3</sup>/ha (tabel 3) (RMK 2018).

**Tabel 3.** Järvamaa metskonnas tehtud harvendusraie mahud 2016 ja 2017 aastal (RMK 2018)

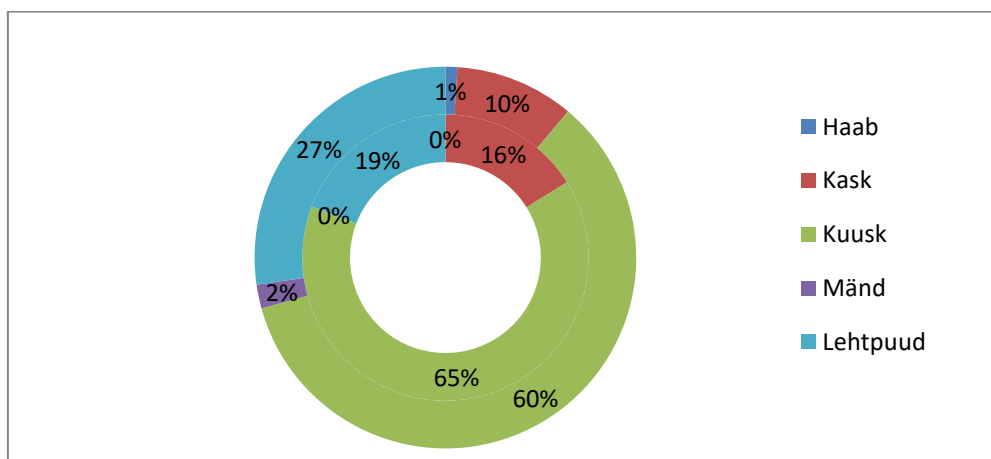
Metsandik	2016		2017	
	Eraldistel raiutud mahud (m <sup>3</sup> )	Osatähtsus (%)	Eraldistel raiutud mahud (m <sup>3</sup> )	Osatähtsus (%)
Kabala	7528,35	29%	4559,19	17,3%
Rava	3918,07	15%	10444,62	40%
Türi	12945,43	50%	5726,14	22%
Väätsa	1380,74	6%	5558,75	21%
Kokku	<b>25772,59</b>	<b>100,0%</b>	<b>26288,7</b>	<b>100,0%</b>

Harvendusraied aastatel 2016 ja 2017 viidi läbi kõige enam eraldistel, kus peapuuliigiks oli harilik kuusk, vastavalt 41,53% ja 57,89%. Sellest lähtuvalt oli puuliigiti kõige enam harvendatud hariliku kuuske, aastal 2016 hariliku kuuse harvenduse maht oli 11 425 m<sup>3</sup>, moodustades 45% kogu mahust ja aastal 2017 oli 13 429 m<sup>3</sup>, moodustades 51% kogu mahust (joonis 2) (RMK 2018).



**Joonis 2.** Harvendusraiete maht puuliigiti Järvamaa metskonnas, aastatel 2016 (keskmine ring) ja 2017 (välimine ring) (RMK 2018)

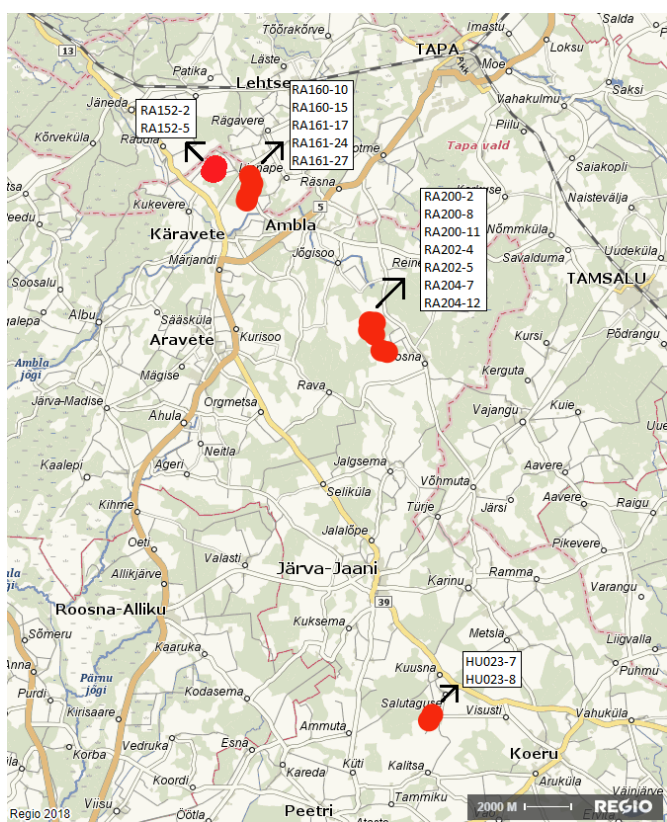
Käesolevas magistritöös on andmed kogutud Rava metsandikus asuvatel kuuse peapuuliigiga eraldistelt ja ühtlasi on kahel viimasel aastal Rava metsandikus kõige enam hariliku kuuske harvendatud (joonis 3) (RMK 2018).



**Joonis 3.** Harvendusraiete maht Rava metsandikus, aastatel 2016 (keskmine ring) ja 2017 (välimine ring) (RMK 2018)

## 2.1 Proovialade valik

Käesolevas uurimuses on kasutatud RMK eraldisi Järvamaa Rava metsandikust. Koostöös RMK ja Metsaregistri andmebaasi põhjal valiti välja 30 eraldist, millest selekteeriti ja teostati andmete kogumist 15. erineval eraldisel (joonis 4). Viis eraldist olid kontrollalad ja valiti sellisel viisil, kus esimene mõõtmine tehti siis, kui harvendusraie oli veel teostamata ning teine mõõtmine tehti kohe peale harvendusraie teostamist. Kümme harvendusraie eraldist olid sellised, kus harvendusraie oli teostatud aastatel 2012 või 2013. Edaspidi nimetatakse neid eraldisi viis aastat pärast harvendusraiet. Harvendusraiest viis aastat möödas olevad eraldised jaotati Metsaregistri andmebaasi põhjal kaheks – takseerkirjelduse järgi harvendusraie järgselt inventeerituna põdrakahjustusega ja ilma põdrakahjustuseta eraldised. Eraldiste valimisel lähtuti, et eraldiste takseerkirjeldused oleksid võimalikud sarnased. Valitud eraldistel oli harvendusraie teostatud perioodil aprill-oktoober ning raied ja materjali väljavedu teostatud masinaga.



Joonis 4. Proovialade paiknemine kaardil (Aluskaart: Regio kaart)

## 2.3 Proovialade üldiseloostus

Uurimuses kasutatud eraldised on kuuse-enamusega sinilille või jänese kapsa kasvukohatüübi puistud. Uuritavad proovitükid on jaotatud nelja erinevasse gruppi: kontrollalad enne harvendusraiet (1), kontrollalad pärast harvendusraiet (2), ulukikahjustusega alad (3) ja ilma ulukikahjustuseta alad (4). Alad 3 ja 4 on enne praktiliste tööde alustamist selekteeritud võrdluse eesmärgil harvendusraie järgselt inventeeritud andmete põhjal kahte erinevasse gruppi (tabel 4). Puistu tekkeasta, eraldise pindala ja kasvukohatüübi info pärinevad Metsaregistri inventeerimisandmetest. Ristkoordinaadid on mõõdetud proovialade keskpunktist.

**Tabel 4.** Proovialade üldiseloomustus ning koordinaadid (L-Est 97 süsteemis)

Nr.		Prooviala kvartal ja eraldis	Puistu koosseis	Puistu tekkeaasta	Eraldise pindala (ha)	Prooviala pindala (ha)	HR. teostamise aeg	Proovialade mõõtmiste kuupäev	KKT	Ristkoordinaadid	
										X	Y
1	1	RA161-17	68KU 15LV 14RE 3KS	1976	2,7	0,53		29.07.2017	SL	6565534	601981
	2	RA160-15	100KU	1959	2,2	0,54		29.07.2017	JK	6564366	601825
	3	RA160-10	97KU 2VA 1RE	1964	2,5	0,62		29.07.2017	JK	6564531	601864
	4	RA161-27	77KU 13KS 5LV 3MA 2RE	1964	1,1	0,63		27.07.2017	SL	6565178	602104
	5	RA161-24	82KU 11LV 5KS 2VA	1973	4	0,55		27.07.2017	SL	6564925	602036
2	1(a)	RA161-17	77KU 14LV 5RE 4KS	1976	2,7	0,53	17.11.2017	07.04.2018	SL	6564926	602036
	2(a)	RA160-15	100KU	1959	2,2	0,54	17.11.2017	24.03.2018	JK	6564366	601825
	3(a)	RA160-10	97KU 2VA 1RE	1964	2,5	0,62	17.11.2017	24.03.2018	JK	6564531	601864
	4(a)	RA161-27	73KU 15KS 6LV 3MA 3RE	1964	1,1	0,63	17.11.2017	07.04.2018	SL	6565178	602104
	5(a)	RA161-24	89KU 7KS 3LV 1VA	1973	4	0,55	17.11.2017	24.03.2018	SL	6564925	602036
3	6	RA200-8	89KU 7KS 4LV	1971	0,9	0,56	28.09.2012	05.09.2017	SL	6558573	607918
	7	RA204-7	98KU 2KS	1971	4,4	0,61	31.10.2012	26.08.2017	SL	6557251	608217
	8	RA204-12	75KU 12KS 12LV 2RE 2PI	1971	7,5	0,55	31.10.2012	26.08.2017	SL	6557181	608498
	9	RA152-5	64KU 25KS 11RE	1975	1,4	0,44	23.04.2012	28.07.2017	SL	6567160	600737
	10	RA152-2	65KU 26KS 4HB 5RE	1971	1,4	0,63	23.04.2012	28.07.2017	SL	6567274	600707
4	11	HU023-7	100KU	1958	1,1	0,4	31.07.2013	21.09.2017	SL	6539976	610636
	12	HU023-8	92KU 6KS 1KS 1RE	1975	3	0,48	31.07.2012	21.09.2017	SL	6539693	610473
	13	RA200-2	94 KU 5KS 1RE	1971	5,8	0,5	28.09.2012	05.09.2017	SL	6558597	607656
	14	RA200-11	99KU 1KS	1970	1,4	0,54	29.09.2012	04.09.2017	SL	6558219	607627
	15	RA202-5	100KU	1971	2,8	0,45	31.10.2012	04.09.2017	SL	6558009	607886

## 2.3 Välitööd proovialadel

Välitööd teostati esimeses etapis 2017. aasta juulist septembrini ja teises etapis 2018 aasta märts-aprill. Esimeses etapist tutvuti välja valitud eraldistega ja tehti esmane visuaalne hindamine välja valitud eraldistele ning analüüsiti võimalusi andmete kogumiseks. Seejärel tehti igale eraldisele proovitükk ning alustati andmete kogumist. Eraldistega tutvumist tegid töö autor ja juhendaja, kõik mõõtmistööd proovitükkidel teostas tööautor iseseisvalt. Proovitükil andmete kogumisel loendati ja vaadati üle kõik proovitükil asuvad puud ja kändud. Teises etapis pärast harvendusraiet korraldati samu protseduure, proovitüki ala taastamiseks kasutati GPSi- abi ning märgiti samad proovitüki piirjooned eraldisele.

Eraldistele moodustati proovitükid suurusega 0,4-0,7 hektarit, proovitüki piirjooned märgiti eraldisele sinise märkevärviga ja puid loendati punase märkevärviga, kontrollalade teistkordsel hindamisel märgiti märkevärvid vastupidiselt. Piirjooned märgiti eraldisele GPS Garmin Monterraga. Servaeefekti vältimiseks tehti proovitükid eraldise keskele. Kõrguse mõõtmisel kasutati kõrgusemõõdik Vertex IV-60 ja transponderit. Diameetri mõõtmisel kasutati metsakluppi, millega mõõdeti puid 1,3 meetri kõrguselt juurekaelast. Rinnaspindala saamiseks kasutati igal proovitükil Bitterlichi lihtrelaskoopi avasuhtega 1:50, puude rinnaspindala mõõdeti 1,3 meetri kõrguselt juurekaelast. Sõltuvalt proovitüki struktuurist tehti proovitükile kaks kuni kolm mõõtmispunkti ja hajutati ühtlaselt kogu proovitüki ulatuses.

Kontrollalade hindamisel jälgiti kõikide puude tervislikku seisundit ning seejärel tehti vastav otsus puu seisundi üle. Magistritöö koostamiseks pöörati suuremat tähelepanu hariliku kuuse seisundile, kus vastavalt vigastuse olemusele rühmitati puud eraldi klassidesse – mehaaniline vigastus, ulukikahjustus, murdunud, langenud või kuivanud puud. Ulukikahjustuste määramisel vaadeldi võimalikku põhjustajat, vigastuste astet ja kas tegemist on värskel või vana kahjustusega. Murdunud, langenud- ja kuivanud puudel selgitati välja põhjus vigastuse alusel. Teiste puuliikide puhul vaadeldi puu vigastusi leebemalt ja rühmitati – terved, vigastatud, kuivanud või murdnud. Vigastatud puude puhul ei kategoriseeritud neid vigastuse alusel, vaid fikseeriti nende olemasolu. Kändude puhul

mõõdistati kännu seisundit ning juurepessu kahtluse korral teostati kännu ümbruses olevate puudele täiendavat vaatlust puurimise ja juurestiku hindamise näol.

Hariliku kuuse keskmise kõrguse ja diameetri leidmiseks valiti mudelpuud, mis läbisid proovitüki mõttelist diagonaali. Igal proovialal mõõdeti 15-20 elusa hariliku kuuse kõrgused, mis olid juhuslikult valitud. Kui proovialal oli langenud puid, mõõdeti mõõdulindiga langenud puude pikkused, kontrollimaks kõrgusmõõtmise saadud tulemuse täpsust. Diameetri leidmiseks mõõdeti igal proovitükil 30 hariliku kuuse diameetrid juurekaelas 1,3 m kõrguselt.

## **2.5 Andmetöötlus**

Eraldiste esmane analüüs teostati Metsaregistri avaliku veebiteenuse põhjal. Eraldistele planeeritavad prooviaala piirjooned pandi paika kaarditöötlus programmiga Garmin Basecamp ja proovialade paiknemist eraldisel kontrolliti programmis Arcmap 10.4. Pärast praktilise töö teostamist hinnati proovialade omadusi programmis Garmin Basecamp ja kontrolliti proovitükkide paiknemist eraldistel programmis Arcmap 10.4. Välitööde teostamisel märgiti kõik andmed kirjalikult kujul paberile ning hiljem sisestati arvutiprogrammi MS Excel, kus teostati kogu andmete analüüs. Eraldistele tehtud proovialade pindalad on erinevate pindaladega, seetõttu tulemuste analüüsimiseks on proovialadelt saadud tulemused ümber arvutatud tk/ha kohta. Puistu tagavara ja täiuse arvutamisel kasutati Metsa korraldamise juhendi (2009) lisa 11 standardtabeleid ja matemaatilisi mudeleid (Metsakorraldamise juhend 2009).

Enne ja pärast harvendusraie gruppide keskmiste tulemuste omavahelises võrdlemisel kasutati Exceli keskkonnas paariviisilist võrdluse funktsiooni T-test ja protseduuri t-Test: Paired Two Sample for Means. Kui võrreldavad valimid olid sõltumatud, näiteks ulukikahjustusega ja ilma ulukikahjustuseta gruppide keskmiste võrdlemisel kasutati funktsiooni T-test ja protseduuri t-Test: Paired Two Sample Assuming Unequal Variances.



### **3. TULEMUSED**

#### **3.1 Proovialade seisund**

Välitööde käigus rajati proovialad 15 erinevale eraldisele, kokku rajati proovialasi ja teostati mõõtmistöid 8 hektaril, sellest 2,9 hektaril kahel korral. Keskmiseks prooviala pindalaks on 0,55 hektarit. Mõõtmistööde käigus vaadati kõikide puuliikide peale kokku 8551 puud ja 3025 kändu, sellest hariliku kuuse 7194 puud ja 2223 kändu.

##### **3.1.1 Harilik kuusk**

Proovialadel teostatud hariliku kuuse mõõtmiste tulemused on toodud tabelis 5. Vigastatud ja surnud kuuskede jaotuse osakaal on lahti seletatud joonistel 5 ja 8.

Tüvevigastused hektari kohta jagunevad kolmeks – värske- ja vanem ulukikahjustus ning muud tüvevigastused. Värske- ja vanem ulukikahjustus puu tüvel on eristatud vigastuse olemuse põhjal. Muude tüvevigastuste all on märgitud kuused, kus oli külmalõhed, mehaanilised vigastused või vigastused mille põhjus polnud täpselt määratlev (joonis 5). Värske- ja vanema ulukikahjustuse erinevust kirjeldab joonis 6.

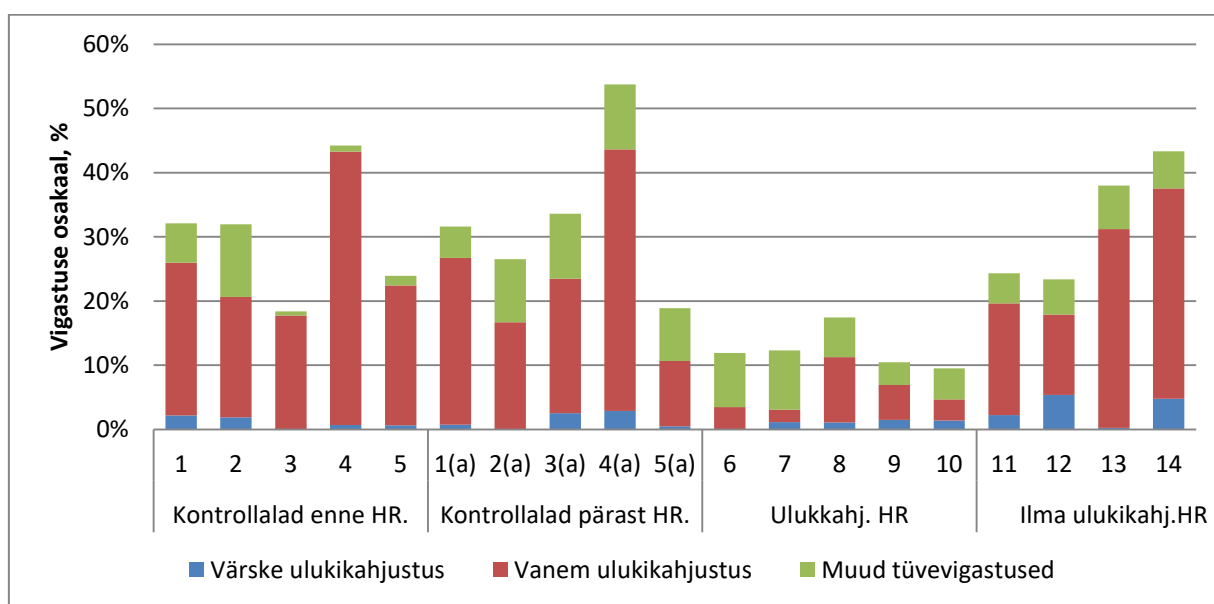
Muude vigastuste all harvendusjärgselt olid kõige suurema osakaaluga metsamasinate poolt tekitatud vigastused (joonis 7).

Surnud kuused hektari kohta jagunevad kaheks – langenud ja kuivanud puud. Langenud puud kirjeldavad puid, mis on langenud koos juurestikuga või on tüvest pooleks murdnud ja kuivanud puud on tüvel kuivanud, mis elutegevusest osa ei võta (joonis 8).

Tüvel kuivanud ja tüvest pooleks murdnud kuuskede erinevust kirjeldab joonis 9.

**Tabel 5.** Hariliku kuuse takseerandmed eraldiste kaupa

Nr.		Prooviala kvartal ja eraldis	Kõrgus (m)	Diameeter (cm)	Terved (tk/ha)	Vigastatud (tk/ha)	Surnud (tk/ha)	Tagavara m³/ha	Täius %	Rinnas-pindala m²/ha
1	1	RA161-17	21	23	417	281	177	324,0	91	31
	2	RA160-15	26	26	346	223	129	385,4	80	31
	3	RA160-10	24	28	410	141	217	395,6	92	34
	4	RA161-27	25	27	273	336	151	445,2	98	37
	5	RA161-24	23	28	456	158	46	427,0	106	38
2	1(a)	RA161-17	21	23	371	175	10	261,3	74	25
	2(a)	RA160-15	25	26	324	119	6	276,7	61	23
	3(a)	RA160-10	24	28	312	158	2	314,1	73	27
	4(a)	RA161-27	25	27	224	259	0	348,9	77	29
	5(a)	RA161-24	22	28	333	78	2	271,1	72	25
3	6	RA200-8	20	23	485	55	38	241,5	73	24
	7	RA204-7	19	20	570	221	117	270,8	87	28
	8	RA204-12	21	24	342	127	74	240,4	68	23
	9	RA152-5	19	20	435	307	66	251,4	81	26
	10	RA152-2	23	22	310	284	59	281,0	70	25
4	11	HU023-7	24	25	378	95	148	290,9	68	25
	12	HU023-8	21	20	526	75	30	229,9	65	22
	13	RA200-2	17	18	712	112	86	195,6	73	22
	14	RA200-11	16	19	657	164	121	212,6	86	25
	15	RA202-5	16	18	792	106	114	204,1	83	24



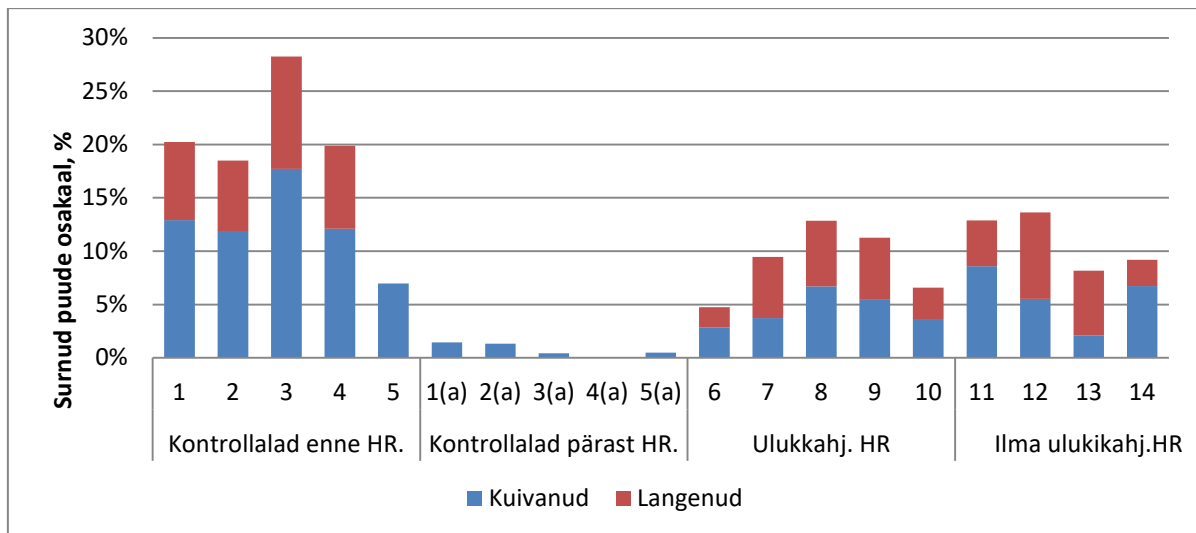
**Joonis 5.** Vigastatud kuuskede jaotumine vigastuse tüübi alusel puude arvust lähtuvalt (%)



**Joonis 6.** Värske ulukikahjustus eraldisel RA161-27 ja vanem ulukikahjustus eraldisel RA204-12 (autori foto)



**Joonis 7.** Harvendusjärgselt tekkinud mehaanilised vigastused masinaraie tulemusel eraldisel RA161-24 (autori foto)



**Joonis 8.** Surnud kuuskede osakaal seisundi järgi (%)

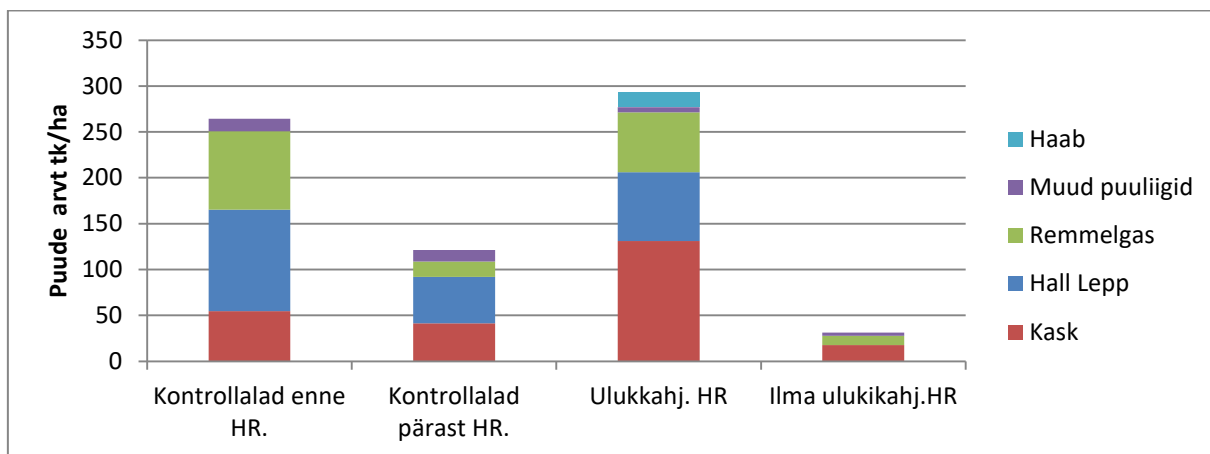


**Joonis 9.** Eraldisel RA160-10 tüvel kuivanud kuusk vasakul ja tüvest pooleks murdnud paremal (autori foto)



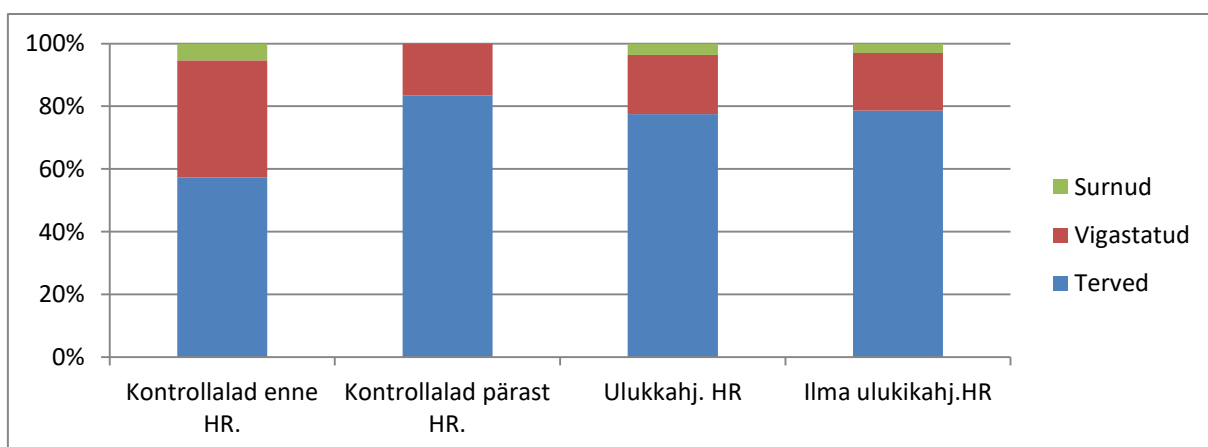
### 3.1.2 Teised puuliigid

Teised puuliigid moodustasid kontrollaladel enne harvendusraiet 20 % ja pärast 14 % hektaril olevatest puudest. Viis aastat pärast harvendusraiet ulukikahjustusega aladel 23% ja ilma ulukikahjustusega aladel 3% hektaril olevatest puudest. Ulukikahjustusega ja ilma ulukikahjustusega aladel teiste puuliikide all esinesid ainult lehtpuud (joonis 10).



**Joonis 10.** Teiste puuliikide jagunemine puuliigi alusel (tk/ha)

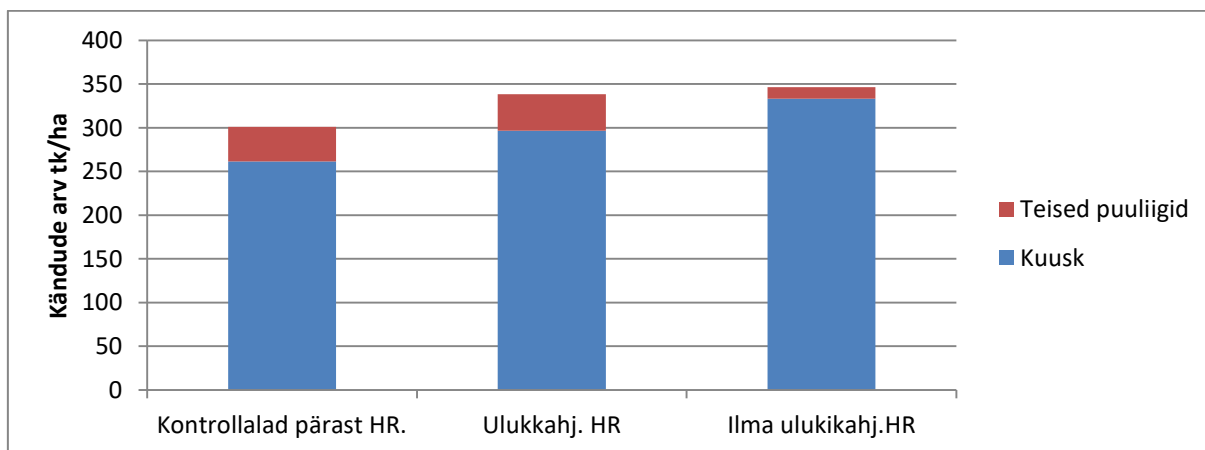
Teised puuliigid jaotati tervisliku seisundi alusel kolme rühma – terved, vigastatud ja surnud. Vigastatud puud kirjeldavad tüvevigastusega puid ja surnud puud kirjeldavad langenud, murdunud või alalseisvad puid, mis ei võta enam elutegevusest osa (joonis 11).



**Joonis 11.** Teiste puuliikide tervislik seisund (tk/ha)

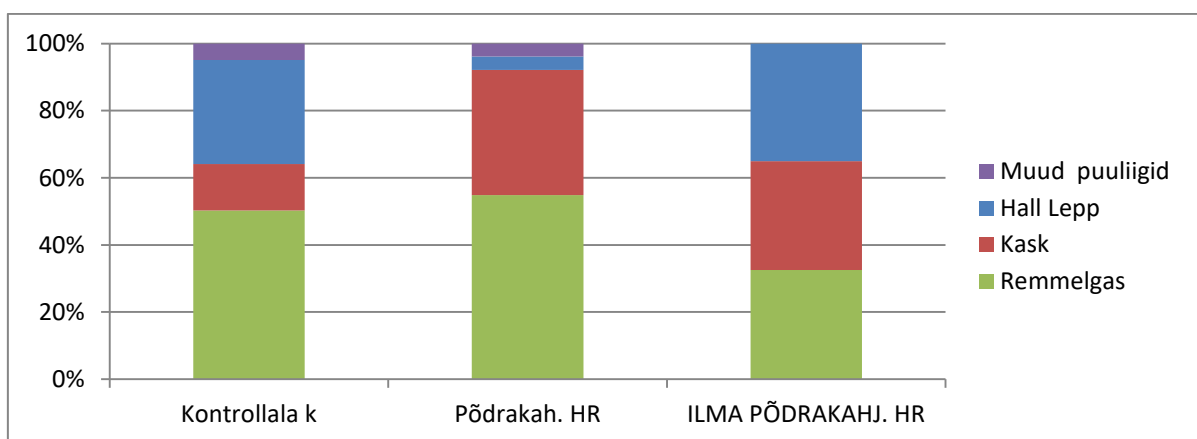
### 3.1.3 Kännud

Kontrollaladel enne harvendusraiet kände ei tuvastatud, pärast harvendusraiet moodustasid kändudest keskmiselt 87% kuused ja 13% teised puuliigid. Viis aasta pärast harvendusraiet ulukikahjustusega aladel 88% kuused ja 12% teised puuliigid. Ilma ulukikahjustusega aladel kuused 96% ja teised puuliigid 4% (joonis 12).



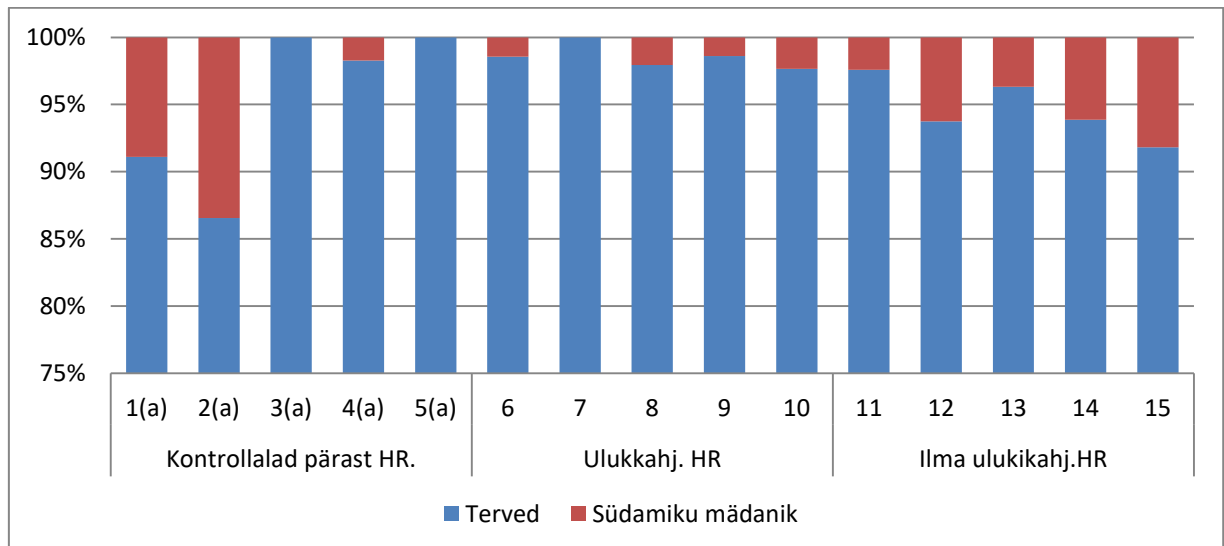
**Joonis 12.** Kuuse ja teiste puuliikide kändude jagunemine (tk/ha)

Teiste puuliikide kändude jagunemisel kontrollaladel ja põdrakahjustusega aladel oli kõige enam remmelga kände, ilma põdrakahjustusega aladel jagunesid teiste puuliikide kändud kõige võrdsemalt (joonis 13).



**Joonis 13.** Teiste puuliikide kändude jagunemine puuliigi alusel (%)

Kändude seisukorda hinnati ainult harilikul kuusel, teistel puuliikidel fikseeriti puuliigi alusel kännu olemasolu. Proovialadel leitud tulemuste põhjal jagunesid kuuskede kännud kaheks – südamiku mädanikuga ja terved kännud (joonis 14).



**Joonis 14.** Südamiku mädanikuga ja tervete kändude osakaal kuuskedel (%)

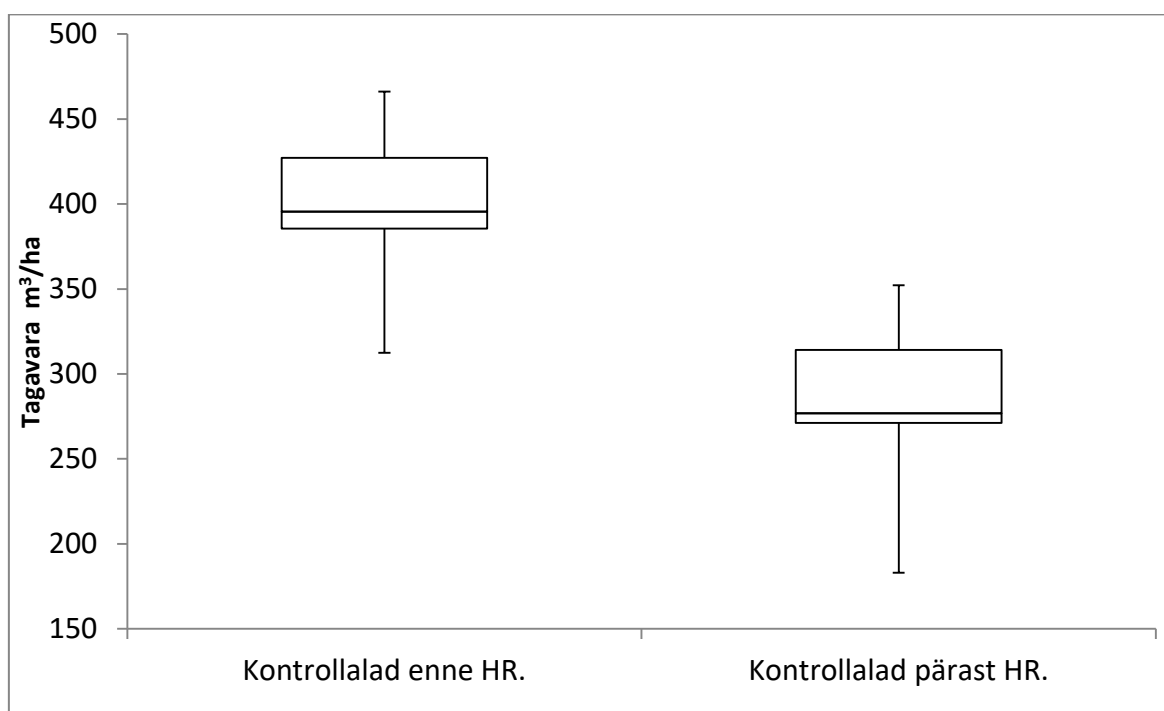
Südamiku mädanikuga kuuse kändudel oli lülipuidu osa täielikult hävinenud või oli eristatav värvimuutuse poolest maltspuidust (joonis 15).



**Joonis 15.** Südamiku mädanikuga kännud eraldisel RA200-11 (autori foto)

### 3.2 Kontrollalad enne ja pärast harvendusraiet

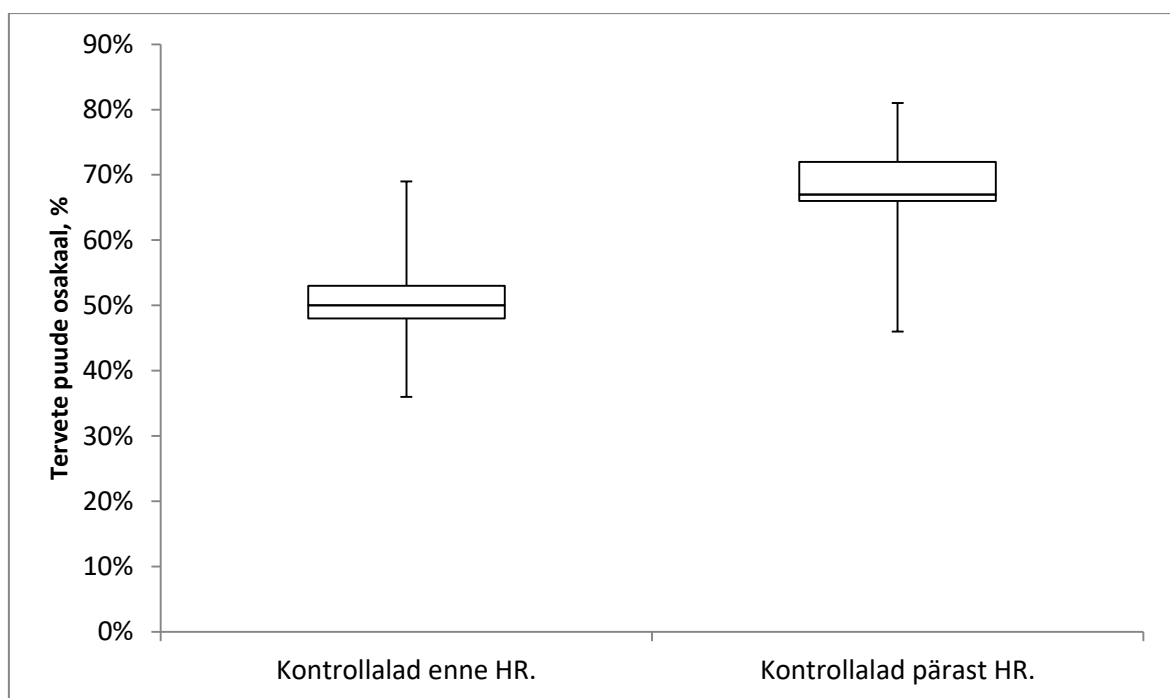
Joonisel 16 on esitatud kuuse tagavara muutus pärast harvendusraiet. Enne harvendusraiet oli viie puistu hariliku kuuse keskmine tagavara  $395 \pm 21 \text{ m}^3/\text{ha}$  kohta ja pärast harvendusraiet  $276 \pm 16 \text{ m}^3/\text{ha}$  kohta ( $p < 0,05$ ). Kuuse tagavara kõige suurem muutus toimus RA161-24, kus enne harvendusraiet oli  $427 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja pärast harvendusraiet  $271,1 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Kõige väiksem muutus toimus kuuse tagavaras RA161-17, kus enne harvendusraiet oli  $324 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja pärast harvendusraiet  $261,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Rinnaspindala enne harvendusraiet oli keskmiselt  $35 \pm 2 \text{ m}^3/\text{ha}$  ja pärast harvendusraiet  $26 \pm 1 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Harvendusraie käigus harvendati keskmiselt  $25 \pm 3 \%$  kuuse tagavarast, keskmine täius enne harvendusraiet oli 94% aga pärast harvendusraiet 71%.



**Joonis 16.** Karpdiagramm proovialadel kuuse tagavara kohta enne ja pärast harvendusraiet ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

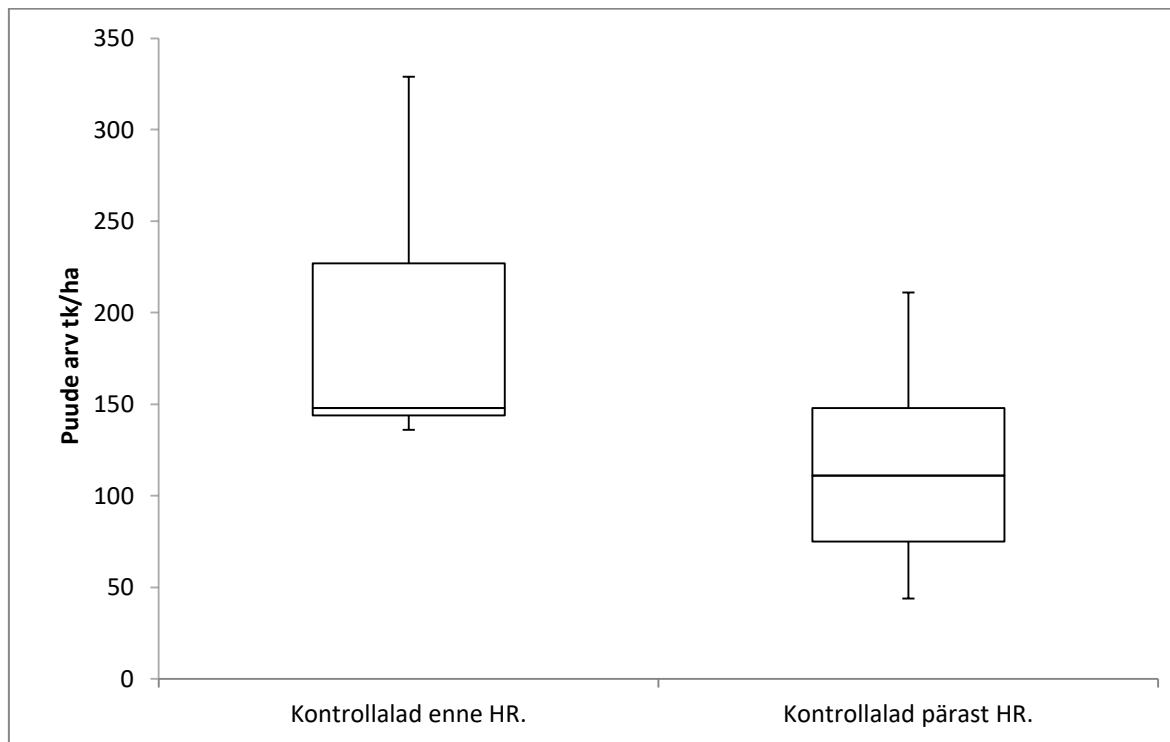


Harvendusraie tulemusel kuuse tervete puude osakaal hektari kohta suurenes. Enne harvendusraiet moodustasid kuuse terved puud keskmiselt  $51 \pm 5$  % hektaril olevatest kuuskedest, pärast harvendusraiet  $66 \pm 6$  % ( $p < 0,05$ ). Tervete kuuskede osakaal tõusis keskmiselt  $15 \pm 2$  %. Tervete puude osakaal hektari kohta kasvas kõige enam eraldisel RA160-15 ja kõige vähem RA161-27, vastavalt 23% ja 10%. Enne harvendusraiet oli keskmiselt kuuse terveid puid hektari kohta  $380 \pm 32$  tk aga pärast harvendusraiet  $313 \pm 24$  tk ( $p < 0,05$ ). Harvendusraie tulemusel keskmiselt 18% tervetest kuuskedest harvendati (joonis 17).



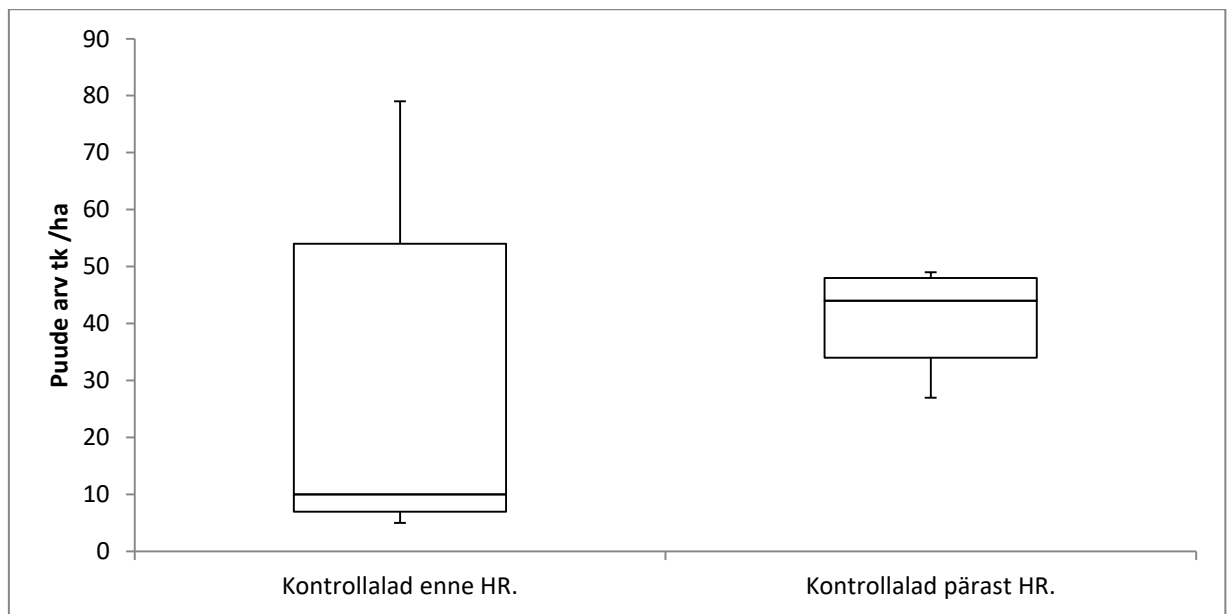
**Joonis 17.** Karpdiagramm tervete kuuskede osakaalu kohta puude arvust proovialadel enne ja pärast harvendusraiet (%)

Ulukite poolt kahjustatud kuuski enne harvendusraiet oli keskmiselt  $197 \pm 37$  tk/ha, sellest värsket ulukikahjustust oli keskmiselt  $8 \pm 3$  tk/ha. Pärast harvendusraiet  $118 \pm 29$  tk/ha ja sellest värsket ulukikahjustust oli keskmiselt  $4 \pm 2$  tk/ha ( $p < 0,05$ ). Ulukikahjustusega kuuskesi enne harvendusraiet oli  $26 \pm 5$  % ja pärast harvendust  $24 \pm 6$  % hektaril kasvavatest kuuskedest. Harvendusraie tulemusel ei vähenenud kõikidel kontrollaladel ulukikahjustuse ulatus. Pärast harvendusraiet suurenes eraldistel RA161-17, RA160-10 ja RA161-27 ulukikahjustusega kuuskede osakaal. Eraldistel RA160-15 ja RA161-24 vähenes ulukikahjustuse ulatus. Keskmiselt harvendusraie käigus kontrollaladel vähenes ulukikahjustuse ulatus 2% kogu hektaril olevatest kuuskedest (joonis 18).



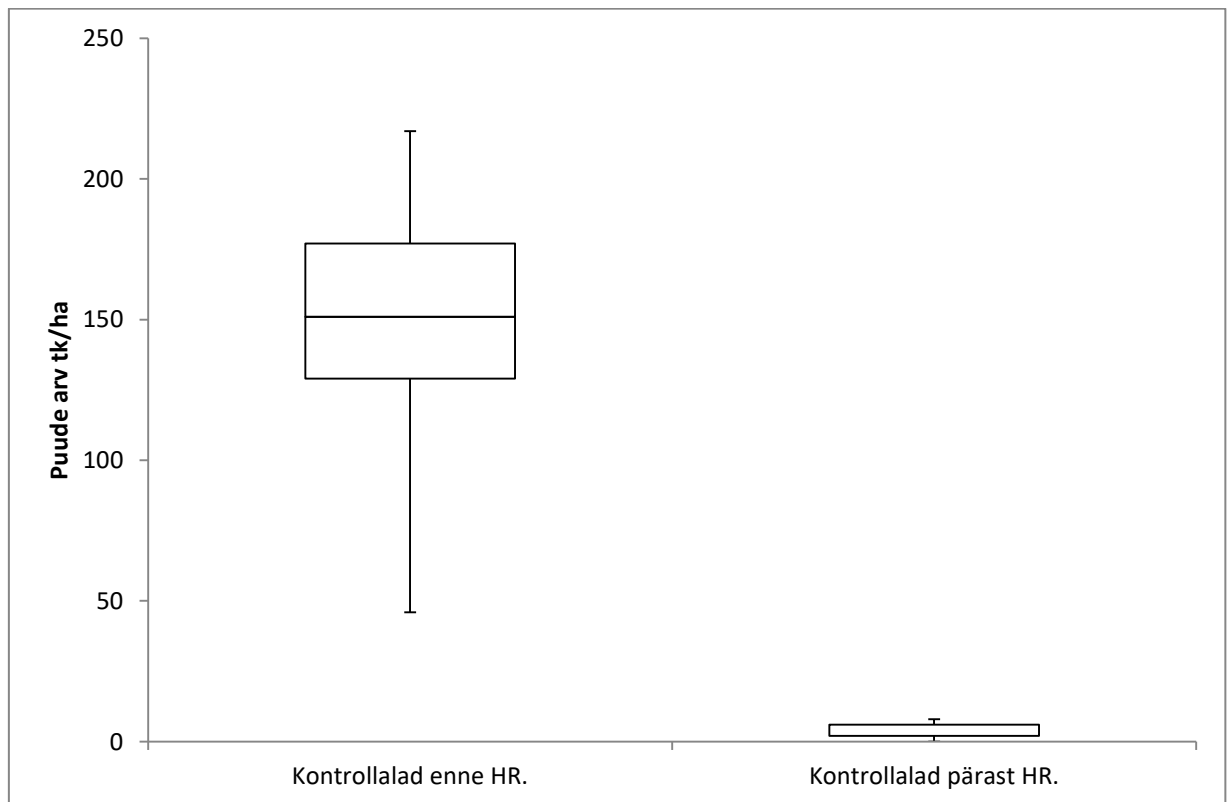
**Joonis 18.** Karpdiagramm ulukikahjustusega kuusekede arvu kohta proovialadel enne ja pärast harvendusraiet (tk/ha)

Kuuse muud tüvevigastused esinesid kontrollaladel enne harvendusraiet väga erineva ulatusega. Enne harvendusraiet oli muid vigastusi keskmiselt  $25 \pm 18$  tk/ha aga pärast harvendusraiet  $44 \pm 3$  tk/ha. Keskmiste erinevust 95% usaldusnivoo juures ei suudetud tõestada ( $p=0,60$ ). Enne harvendusraiet moodustasid muud tüvevigastused kogu hektaril olevatest kuuskedest keskmiselt  $4 \pm 2$  %, kuid pärast harvendusraiet  $9 \pm 1$  %. Suurenenud osakaal oli peamiselt põhjustatud raie teostamisel kasutatud metsamasinate poolt (joonis 19).



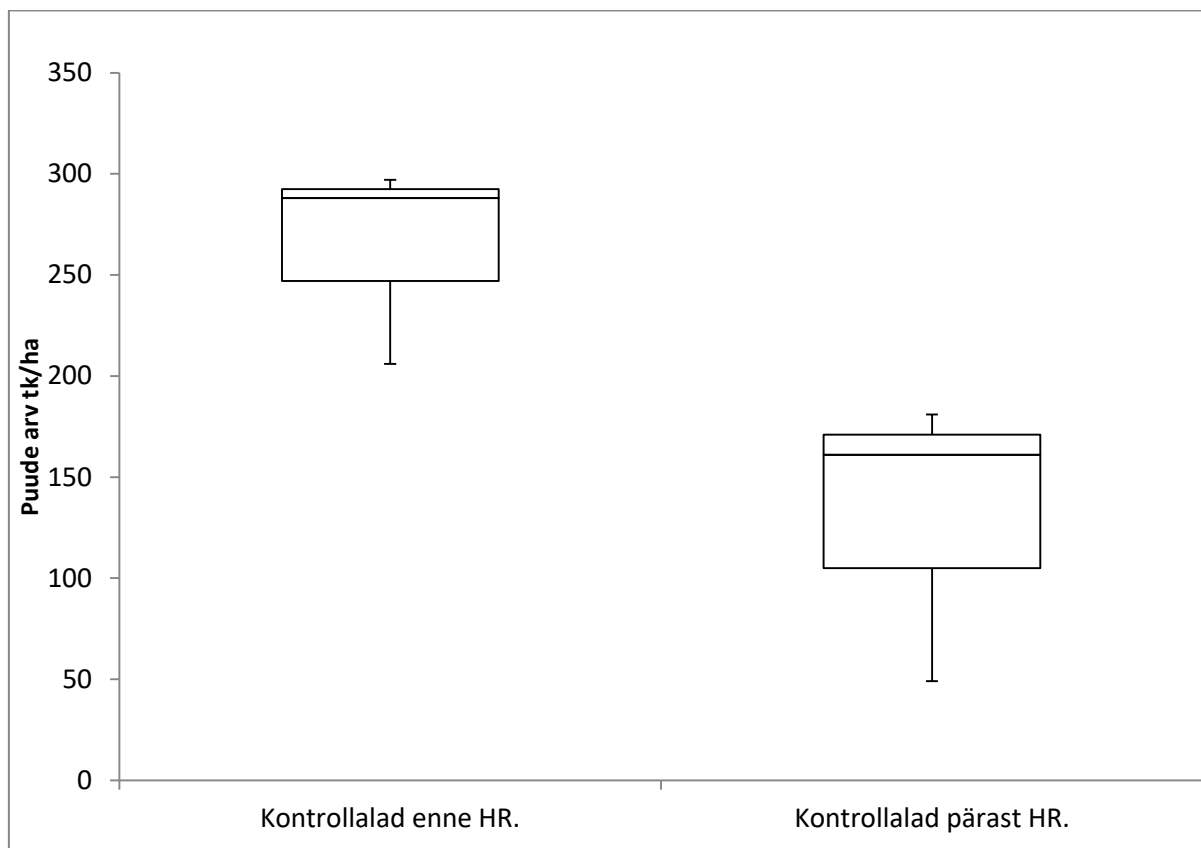
**Joonis 19.** Karpdiagramm muude vigastustega kuuskede arvu kohta proovialadel enne ja pärast harvendusraiet (tk/ha)

Surnud kuuski enne harvendusraiet oli keskmiselt  $144 \pm 29$  tk/ha ja pärast harvendusraiet  $4 \pm 1$  tk/ha ( $p < 0,05$ ). Surnud kuused moodustasid enne harvendusraiet  $18,76 \pm 3,41$  % ja pärast harvendusraiet  $0,74 \pm 0,28$  % hektaril olevatest puudest. Surnud kuuskedest enne harvendusraiet moodustasid 65% tüvel kuivanud ja 35% koos juurestikuga langenud või tüvest pooleks murdunud kuused. Pärast harvendusraiet surnud kuuskedest moodustasid 100% kuivanud ja langenud kuuski ei olnud. Kõige rohkem surnud puid enne harvendusraiet oli eraldisel RA160-10 ja kõige vähem RA161-24, vastavalt 28% ja 7%. Pärast harvendusraiet oli surnud puid kõige enam eraldisel RA161-17 ja RA160-15, vastavalt 1,4 ja 1,3% kuuskedest olid surnud (joonis 20).



**Joonis 20.** Karpdiagramm surnud kuuskede arvu kohta proovialadel enne ja pärast harvendusraiet (tk/ha)

Enne harvendusraiet oli kontrollaladel teisi puuliike keskmiselt  $161 \pm 65$  tk/ha ja pärast harvendusraiet  $79 \pm 28$  tk/ha ( $p < 0,05$ ). Enne harvendusraiet moodustasid teised puuliigid kontrollaladel kogu hektaril olevatest puudest  $18 \pm 7$  % ja pärast harvendusraiet  $12 \pm 5$  %. Harvendusraie tulemusel vähendati teiste puude osakaalu hektaril keskmiselt 5%. Vigastatud teiste puude osakaal enne harvendusraiet oli keskmiselt  $30 \pm 9$  % ja pärast harvendusraiet  $11 \pm 7$  % ( $p < 0,05$ ). Puuliikidest harvenduse tulemusel kõige enam vähenes remmelgate arv hektari kohta, keskmisel raiuti 85% remmelgatest. Kõige vähem mõjutati kaskede arvu, keskmiselt raiuti 24% kaskedest (joonis 21).



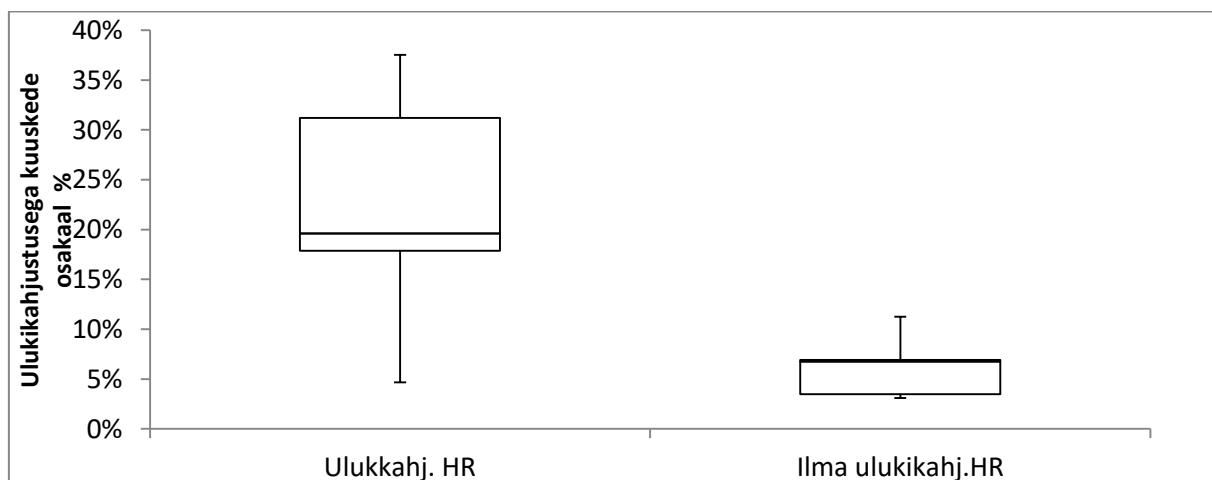
**Joonis 21.** Karpdiagramm teiste puuliikide puude arvu kohta proovialadel enne ja pärast harvendusraiet (tk/ha)

### 3.3 Ulukikahjustusega ja –kahjustuseta proovialad viis aastat pärast harvendusraiet

Magistritöö andmete kogumisel eristati viis aasta pärast harvendusraiet eraldisi kahel erineval viisil. Metsaregistri andmebaasist pärineva ulukikahjustuse info põhjal jaotati eraldised kaheks – ulukikahjustusega ja ilma ulukikahjustuseta eraldised harvendusraie järgselt hinnatuna.

Metsaregistri andmebaasi põhjal ulukikahjustusega valitud eraldiste keskmine ulukikahjustuse osakaal oli  $26 \pm 4$  %. Praktiliste tööde käigus teostatud mõõtmised andsid keskmiseks ulukikahjustuse osakaaluks  $22 \pm 6$  %. Kõige suurem erinevus tekkis RA200-8 eraldisel, kus Metsaregistri andmetel osakaal oli 20% ja praktiliste tööde käigus mõõdeti 5% ulukikahjustuse osakaaluks. Ilma ulukikahjustuseta valitud eraldistel Metsaregistri andmebaasi põhjal ulukikahjustust ei esinenud.

Praktiliste tööde käigus teostatud andmete võrdlemisel oli ulukikahjustusega aladel keskmine osakaal  $22 \pm 6$  % ja ilma ulukikahjustuseta  $6,30 \pm 1,47$  %. ( $p < 0,05$ ). Ulukikahjustusega aladest kõige suurema osakaaluga oli RA152-2 ja kõige väiksem RA200-8, vastavalt 37,5% ja 4,7%. Ilma ulukikahjustuseta aladel esines uluki kahjustust kõige enam RA200-11 ja kõige vähem HU023-8, vastavalt 11,3% ja 3% (joonis 22).



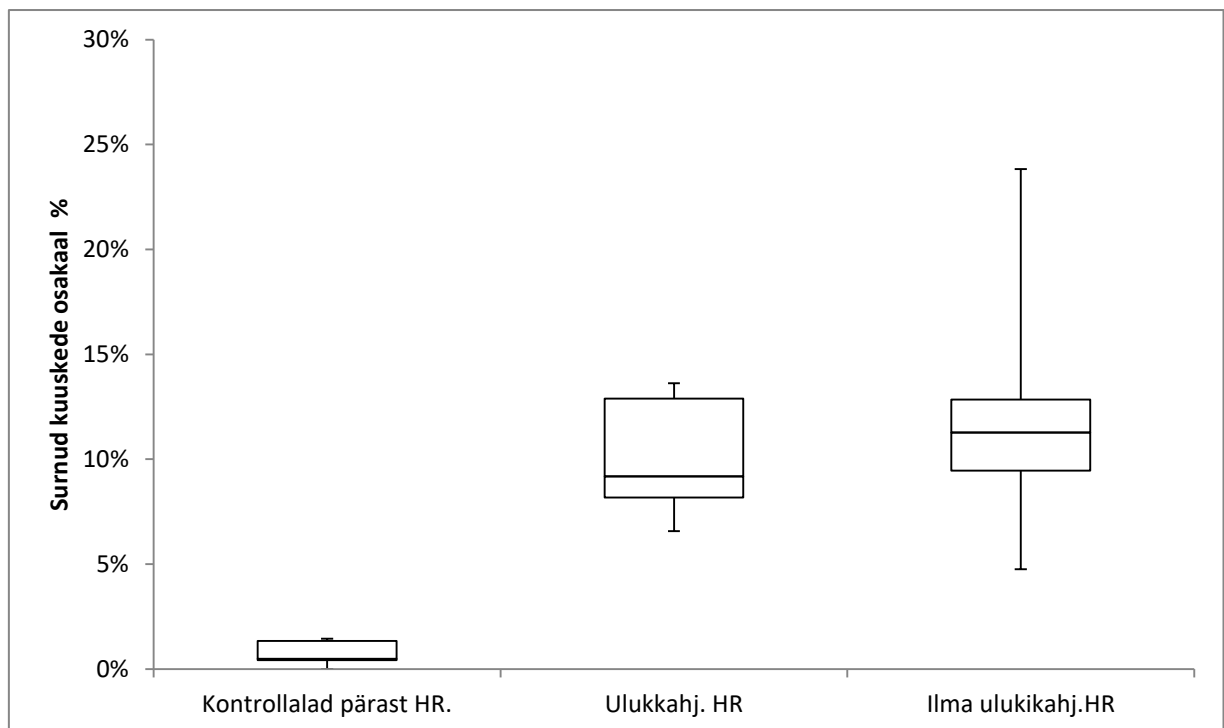
**Joonis 22.** Karpdiagramm ulukikahjustuse ulatusest proovialadel (%), millel viis aastat tagasi oli või ei olnud ulukikahjustust

Harvendusjärgsetel eraldistel oli keskmiselt  $0,74 \pm 0,28$  % kuuskedest surnud. Kõige rohkem esines surnud kuuski proovialal RA161-17, kus 1,44% kuuskedest olid surnud ning eraldisel RA161-27 puudusid harvendusraie järgselt surnud kuused.

Ulukikahjustusega aladel viis aastat pärast harvendusraiet oli keskmiselt surnud kuuskede osakaal  $10,1 \pm 1,4$  %. Surnud kuuske esines kõige rohkem RA204-12 ja kõige vähem RA200-8, vastavalt 13,63% ja 6,57%.

Ilma ulukikahjustuseta aladel viis aastat pärast harvendusraiet oli keskmiselt surnud kuuskede osakaal  $12,4 \pm 3,2$  %. Surnud kuuske esines kõige rohkem HU023-7 ja kõige vähem HU023-8, vastavalt 23,83% ja 4,75%.

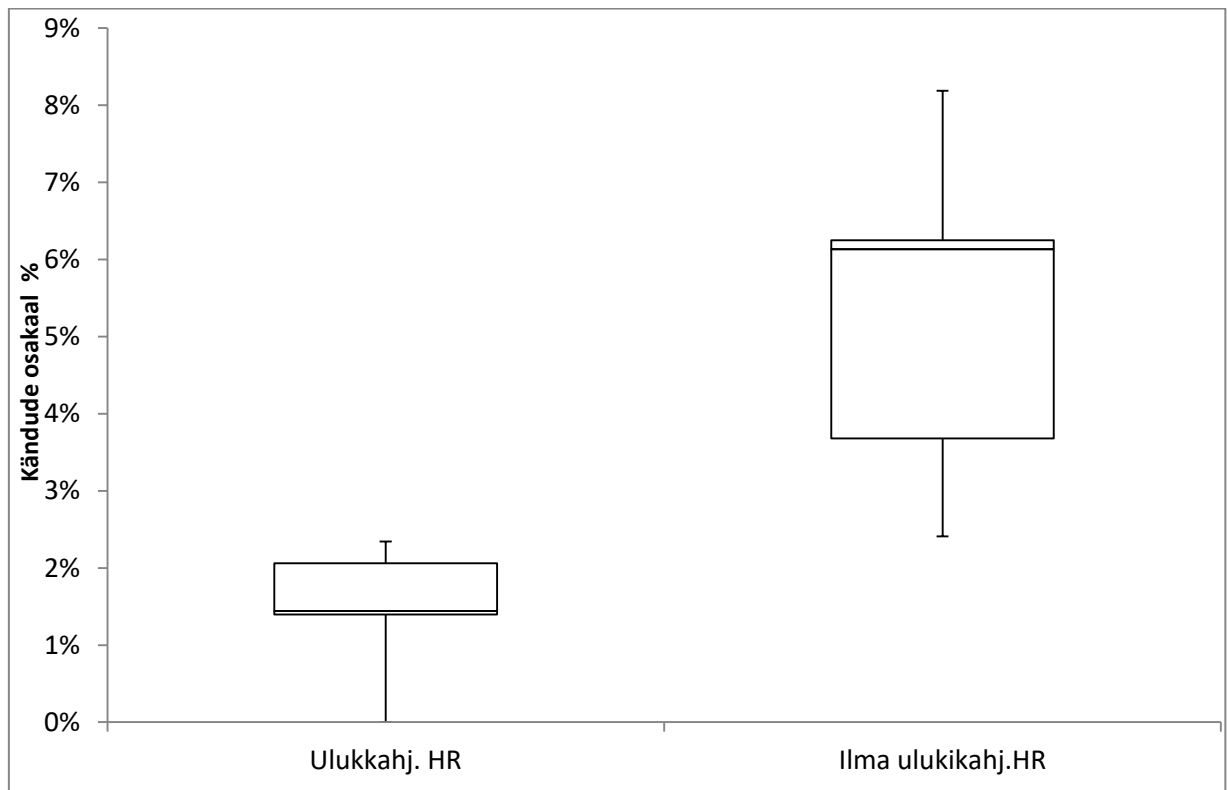
Harvendusjärgselt võrreldi ulukikahjustustega ja ilma ulukikahjustuseta alasid eraldi ning alade võrdluses oli keskmine 95% tõenäosusega usaldatav, vastavalt  $p=0,003$  ja  $p=0,021$  (joonis 23).



**Joonis 23.** Karpdiagramm surnud kuuskede osakaalu kohta harvendusraie järgselt ja viis aastat pärast harvendusraiet (%)

Kuuse südamikuga mädanikuga kändusid oli ulukikahjustusega aladel vähem, kui seda oli ilma ulukikahjustusega aladel. Ulukikahjustusega aladel moodustasid kuuse südamikuga kändud  $1,45 \pm 0,52$  % hektaril olevatest kuuse kändudest. Ilma ulukikahjustusega aladel oli südamikuga mädanikuga kändude osakaal  $5,33 \pm 1,02$  % hektaril olevatest kuuse kändudest ( $p < 0,05$ ).

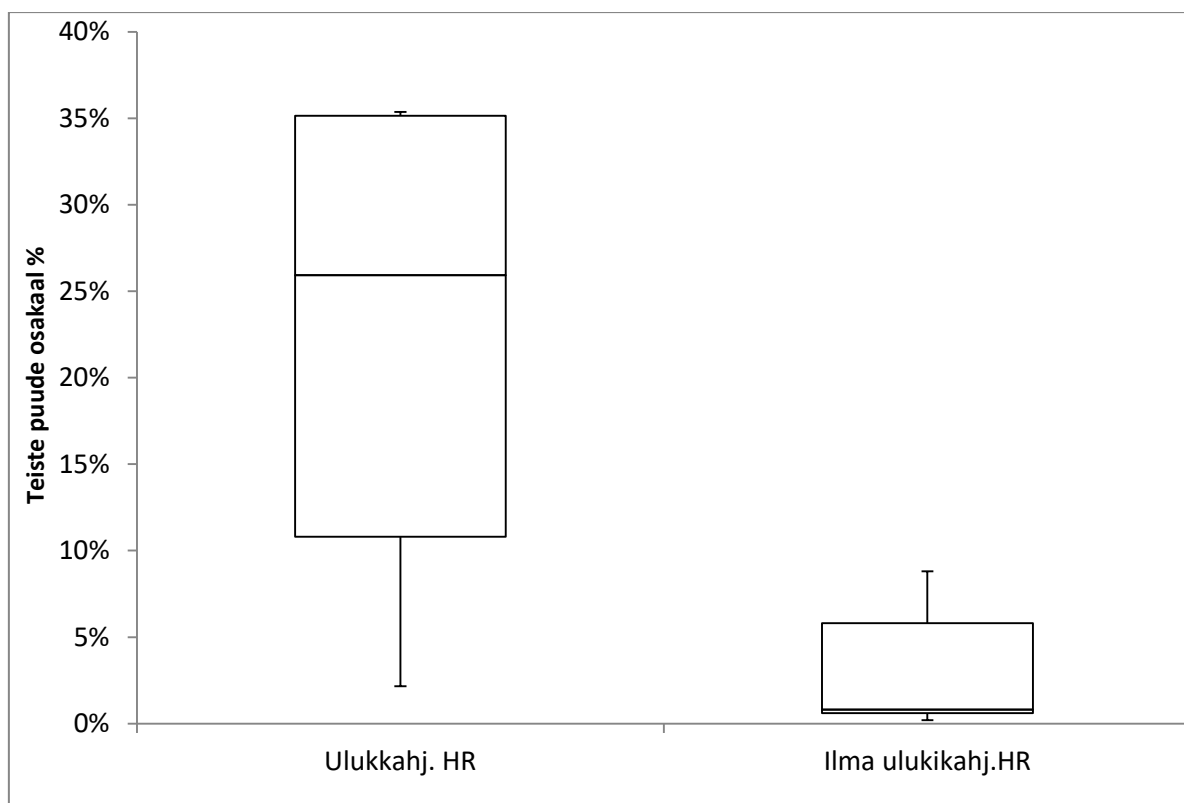
Ulukikahjustusega alade südamikumädanikuga kände esines kõige rohkem eraldisel RA204-7, kus 2,3% kändudest olid südamikuga mädanikuga ja kõige vähem RA152-2, kus südamikumädanik kuuse kändudel puudus. Ilma ulukikahjustusega aladel kõige enam oli eraldisel RA202-5 ja kõige vähem HU023-7, vastavalt 8,2% ja 2,4% kuuse kändudest olid südamikuga mädanikuga (joonis 24).



**Joonis 24.** Karpdiagramm südamikuga mädanikuga kuuse kändude osakaal (%) proovialadel, millel viis aastat tagasi oli või ei olnud ulukikahjustust



Teiste puuliikide osakaal oli ulukikahjustusega aladel oluliselt suurem, kui seda ilma ulukikahjustuseta aladel. Ulukikahjustusega aladel oli teiste puuliikide osakaal  $22 \pm 6,66$  % ning ilma ulukikahjustuseta aladel  $3,24 \pm 1,73$  % ( $p < 0,05$ ). Ulukikahjustusega aladel eristus teistest eraldistest RA204-7, kus teised puuliigid moodustasid 2,2% hektaril olevatest puudest. Kõige enam esines teisi puuliike RA152-2 ja RA152-5, vastavalt 35,2% ja 35,4%. Ilma ulukikahjustuseta aladel oli teiste puuliikide osakaal kõige suurem HU023-8 ja kõige väiksem RA202-5, vastavalt 8,8% ja 0,2% (joonis 25).



**Joonis 25.** Karpdiagramm teiste puuliikide osakaalu kohta proovialadel (puude arvust %), millel viis aastat tagasi oli või ei olnud ulukikahjustust

## ARUTELU JA JÄRELDUSED

Harvendusraie järgset seisundit hinnati viiel eraldisel ning harvendusraie tulemusel raiuti keskmiselt  $25 \pm 3$  % kuuse tagavarast, keskmine kuusiku täius enne harvendusraiet oli 94% ja pärast harvendusraiet 71%. Pärast harvendusraiet on Metsa majandamise eeskirja (2014) alusel paika pandud rinnaspindala alamäär. Töös saadud tulemuste põhjal rinnaspindala alamäär oli ületatud neljal eraldisel ning eraldisel RA160-15 oli rinnaspindala langenud alla raiet lubava piirväärtuse. Harvendusraie eesmärgiks on raiuda välja vigastatud, halva tüvevormiga, haiged ja surnud puud (RMK Aastaraamat 2016). Saadud tulemuste põhjal enne harvendusraiet oli tervete kuuskede osakaal  $51 \pm 5$  % hektari kohta, pärast harvendusraiet  $66 \pm 6$  %. Surnud kuused moodustasid enne harvendusraiet  $18,76 \pm 3,41$  % ja pärast harvendusraiet  $0,74 \pm 0,28$  % hektaril olevatest puudest. Suurenenud tervete ja vähenenud surnud kuuskede osakaal kinnitavad harvendusraie eesmärkide täitumist harvendusraie järgselt hinnatuna.

Kuid eraldised, mille harvendusraiest on möödas viis aastat, oli surnud puude osatähtsus tõusnud. Ulukikahjustusega aladel surnud puude osakaal  $10,1 \pm 1,4$  % ja ilma ulukikahjustusega aladel  $12,4 \pm 3,2$  % hektaril olevatest puudest. Ulukikahjustusega aladel keskmine kuuskede rinnaspindala oli  $25,2 \text{ m}^2/\text{ha}$  ning teiste puude osakaal hektaril olevatest puudest  $21,88 \pm 6,66$  %. Ilma ulukikahjustusega keskmine kuuskede rinnaspindala  $23,6 \text{ m}^2/\text{ha}$  ning teiste puude osakaal hektaril olevatest puudest  $3,24 \pm 1,73$  %. Puistus kasvavad puud pakuvad omavahel vastastikust toetust, suurendades üheskoos võrastiku laiust ja seetõttu jaguneb tuule koormus puude vahel võrdselt. Pärast harvendusraiet on puistu tihedus väiksem ja tuule koormus ühe puu kohta suureneb (Brüchert ja Gardiner 2006). Ulukikahjustusega aladel suuremad surnud puude osakaalu põhjused on tõlgendatavad väiksema puistu tihedusega.

Surnud puude osakaalu mõjutajaks puistus võib olla lisaks puistu tihedusele juuremädaniku levik. Kõige kahjulikum kuuse patogeen on Eestis kuuse-juurepess, mis põhjustab juurte ja tüve valgemädanikku ning puude tuuleheidet ja murdu (Niemelä 2008). Ilma ulukikahjustusega aladel oli keskmiselt  $5,33 \pm 1,02$  % kändudest südamikü mädaniku

tunnustega, kuid ulukikahjustusega aladel oli  $1,45 \pm 0,52$  %. Ilma ulukikahjustuseta alade suurenenud surnud puude põhjused võivad olla tingitud juurepessu levikust.

Mida suurem on puistus teiste puuliikide osatähtsus kuuse kõrval, seda raskem on juurepessul seal levida (Hanso ja Hanso 1999). Ilma ulukikahjustuseta aladel oli teiste puude osakaal ( $3,24 \pm 1,73$  %) ning seejuures südamiku mädanikuga kändude osakaal ( $5,33 \pm 1,02$  %), vastupidine olukord oli ulukikahjustusega aladel, kus teiste puude osakaal oli suurem ( $21,88 \pm 6,66$  %) ning südamiku mädanikuga kändude osakaal väiksem ( $1,45 \pm 0,52$  %). Kahe erineva puistude gruppide võrdluses viis aastat pärast harvendusraiet näitavad tulemused, et teiste puuliikide, eelkõige lehtpuude suurema osakaalul on südamiku mädanikuga kuuse kändude osakaal väiksem.

Aastatel 1990-1995 tehtud põdra maosisu analüüside tulemusel oktoobri ja novembri kuudel näitasid, et lehtpuud ja -põõsad moodustasid oktoobris keskmiselt 68,45% toidu koosseisust. Novembris oli selleks näitajaks keskmiselt 56,2%. Seoses lehtede varisemisega muutub sügisel põdra söögilaud ning asenduvad okaspuud. Oktoobris moodustasid toidu koosseisust okaspuud keskmiselt 6,21% ja novembris juba 20,53% (Tõnisson ja Mardiste 1996). Töös võrreldud ulukikahjustusega ja ilma ulukikahjustuseta aladel esines teiste puuliikide all ainult lehtpuud, ning ulukikahjustusega aladel oli teiste puuliikide osakaal suurem, kui seda ilma ulukikahjustuseta aladel. Selle põhjal järeldades saab öelda, et põder eelistab toituda nendel aladel, kus on suurem lehtpuude osakaal. Talve saabudes ja lehtede varisemise ajal põder oma toitumiskoha harjumisi ei muuda ning toitub sama alal asuvatest okaspuudest. Seetõttu on ulukahjustuste osakaal suurem nendes kuusikutes, kus on suurem osakaal lehtpuudel.

Vasiliauskas (2001) näitas Rootsis oma uurimuses, et mehhaniseeritud valik- ja harvendusraied võivad vanemates puistudes allesjäävaid puid ulatuslikult kahjustada. Enamus tüvede vigastusi esinevad tüve alaosas ning on põhjustatud peamiselt puidu väljaveol. Käesolevas uuringus leiti sarnaselt Rootsis tehtud uurimusele suurenenud vigastatud puude osakaalu hektaril. Enne harvendusraiet moodustasid keskmiselt muud vigastused  $4 \pm 2$ % hektaril olevates kuuskedest, pärast harvendusraiet  $9 \pm 1$ %. Suurenenud osakaalu on põhjustanud kokkuveo tee ääres kasvavad kuused, mis on puidu väljaveol masinate poolt riivata saanud ja puu koort vigastanud. Lisaks on harvesteri pea langetades lähestikku olevaid kuuski riivanud ja vigastanud koort, mis on samuti suurendanud vigastatud kuuskede arv.

## KOKKUVÕTE

Käesolevas uurimustöös hinnati RMK Järvamaa metskonna Rava metsandiku kuuse enamusega puistute seisundit harvendusraie järgselt ja viis aastat pärast harvendusraiet. Mõõtmisi teostati 15 eraldisel, neist viiel teostati kahel korral – enne ja pärast harvendusraiet. Kümme eraldist oli valitud sellisena, kus harvendusraiest oli möödunud viis aastat.

Harvendusraie tulemusel keskmiselt  $25 \pm 3$  % kuusiku tagavarast vähenes, kõrgema täiusega eraldistel toimus intensiivsem ning madalama täiusega eraldistel vähem intensiivsem raie. Harvendusraie tulemusel suurenes keskmiselt tervete kuuskede osakaal  $15 \pm 2$  %, surnud kuuskede osakaal harvendusjärgselt vähenes keskmiselt 97%, mis täitis harvendusraie eesmärgi luua tervetele puudele paremad tingimused ning eemaldada metsast haiged ja surnud puud.

Ulukikahjustuse ja muude vigastuste hindamisel olid harvendusraie järgsed tulemused erinevad. Ulukikahjustusega kuuskede osakaal kolmel eraldisel suurenes ning kahel vähenes, keskmiselt vähenes kontrollalade peale ulukahjustuse ulatus 2% kõigist kuuskedest. Muude vigastuste osakaal aga suurenes kõikidel eraldistel, peamiselt harvendusraie masinate poolt tekitatud mehaaniliste vigastuste tõttu. Enne harvendusraiet moodustasid muud tüvevigastused kogu hektaril olevatest kuuskedest keskmiselt  $4 \pm 2$  %, pärast harvendusraiet  $9 \pm 1$  %, kuid saadud andmed ei tõestanud raie-eelset ja raie-järgset eristumist.

Teiste puuliikide osatähtsus oli enne harvendusraiet keskmiselt  $18 \pm 7$  % aga pärast harvendusraiet  $12 \pm 5$  %. Harvendusraie tulemusel vähendati teiste puude osakaalu hektaril keskmiselt 5%. Puuliikidest harvenduse tulemusel kõige enam vähenes remmelgate arv hektari kohta, keskmiselt raiuti 85% remmelgatest. Kõige vähem mõjutati kaskede arvu, keskmiselt raiuti 24% kaskedest. Vigastatud teiste puude osakaal enne harvendusraiet oli keskmiselt  $30 \pm 9$  % ja pärast harvendusraiet  $11 \pm 7$  %.

Harvendusraie järgselt hinnatuna oli keskmiselt  $0,74 \pm 0,28$  % kuuskedest surnud, sealhulgas ei esinenud mahalangenud kuuski, vaid tegemist olid jalalkuivanud kuuskedega.

Viis aastat pärast harvendusraiet oli ulukikahjustusega aladel surnud kuuskede osakaal  $10,1 \pm 1,4$  % ja ilma ulukikahjustuseta aladel  $12,4 \pm 3,2$  %. Suurenenud surnud kuuskede osakaalu põhjuseks võib olla vähenenud tuulekindlus puistutes ja juurepessu levik juurestikus, mis muudab puistu tundlikumaks välisteguritele. Saadud tulemused näitavad ka teiste puuliikide, eelkõige lehtpuude tähtsust puistu koosseisus, mida suurem on lehtpuude osakaal puistus, seda raskem juurepessul puistus levida ning haigestunud kuuskesi esineb puistus vähem.

Ulukikahjustusega ja ilma ulukikahjustuseta alade võrdluses tõusis esile, et ulukikahjustust kuuskedel esines nendel aladel rohkem, kus on teiste puuliikide osatähtsus hektari kohta on suurem. Ulukikahjustusega aladel oli teiste puuliikide keskmine osakaal  $21,88 \pm 6,66$  % ning ilma ulukikahjustuseta aladel  $3,24 \pm 1,73$  %. Uluki kahjustusega kuuskede osakaal ulukikahjustusega aladel oli keskmiselt  $22,2 \pm 5,7$  % ja ilma ulukikahjustuseta aladel  $6,3 \pm 1,47$  %.

Töös leitud tulemuste põhjal saab öelda, et kuuse enamusega puistudes esineb vigastatud kuuskesi, mille tõttu puu väärtuslikumat palgi osa ei saa tööstuses maksimaalselt väärindada ning tekib majanduslik kahju. Saadud tulemuste põhjal tuleks tulevikus teha veelgi enam proovialasi kuusikutes, et selgitada kuidas mõjutab lehtpuude osakaal puistus põtrade poolt tekitatud kahjustuse ulatust ning juurepessu levikut.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Aastaraamat METS** 2016. (2017). Keskkonnaagentuur. Tallinn, 293 lk.
2. **Brüchert, F., Gardiner, B.** (2006). The Effect of Wind Exposure on the Tree Aerial Architecture and Biomechanics of Sitka Spruce (*Picea sitchensis*, *Pinaceae*). *American Journal of Botany*, Vol 93(10), pp.1512–1521.
3. **Cremer, K.W., Borough, C.J., Mckinnell, F.H., Carter, P.R.** (1982) Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Vol. 12(2), pp. 244-268.
4. **Etverk, I.** (1998). Sajandi suurtormid Eesti metsades. (1998). Toim. I. Etverk. Põltsamaa: OÜ Vali Press. 91 lk.
5. **Etverk, I.** (2003). 20.sajand Eesti metsades. – Eesti Metsaselts. 193 lk.
6. **Fjodorov, M.** (2017). Juuremädanike esinemine ja võrdlev analüüs harvendusraiete järgsetes kuusikutes. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 35 lk.
7. **Gary, K., Jens, H.** (2011). Thinning Practice A Silvicultural Guide version 1.0. United Kingdom: Forestry Commission. 54 pp.
8. **Gardiner, B.A., Stacey, G.R., Belcher, R.E., Wood, C.J.** (1997). Field and wind tunnel assessments of the implications of respacing and thinning for tree stability. *Forestry*, Vol. 70, Issue 3, pp. 233–252.
9. **Hanso, M., Drenkhan, T.** (2005). Seenega seene vastu. *Eesti Loodus*, nr. 2005/1, lk 16-19.
10. **Hanso, S., Hanso, M.** (1999). Juurepessu levimisest Eesti metsades. *Metsanduslikud uurimused*, nr. 31, lk 162-172.
11. **Hanso, M., Õunap, H.** (2016). Olulisemad metsakahjustused ja nende vältimine. Tartu: SA Erametsakeskus. 44 lk.
12. **Laas, E.** (1987). Dendroloogia. Tallinn: Valgus. 824 lk.
13. **Laas, E.** (2004). Okaspuud. Tartu: Atlex. 359 lk.
14. **Laas, E., Uri, V., Valgepea, M.** (2011). Metsamajanduse alused. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus. 862 lk.
15. **Metsa korraldamise juhend** (2009). Riigi Teataja ([https://www.riigiteataja.ee/aktiis/1220/2201/7011/KKM\\_16012009\\_m2\\_Lisa11.pdf](https://www.riigiteataja.ee/aktiis/1220/2201/7011/KKM_16012009_m2_Lisa11.pdf)) (25.04.2018).

16. **Metsa majandamise eeskiri** (2014). Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/126022014017> (25.04.2018).
17. **Metsaregister** (2016). Keskkonnaagentuur. Metsaregistri andmebaasi väljavõte seisuga 13.09.2016.
18. **Muiste, L.** (1965). Kuuse kultuurpuistud Viljandi Metsamajandis. *EPA teaduslike tööde kogumik*, nr. 41, lk 72–84.
19. **Nevalainen S., Matala J., Korhonen K. T., Ihalainen A., Nikula A.** (2016). Moose damage in National Forest Inventories (1986–2008) in Finland. *Silva Fennica*, Vol. 50, No.2, 23 p.
20. **Niemelä, T.** (2008). Torikseened Soomes ja Eestis. Tartu: Eesti Loodusfoto. 320 lk.
21. **Nykänen, M.-L., Peltola, H., Quine, C., Kellomäki, S. & Broadgate, M.** (1997). Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions. *Silva Fennica*, Vol. 31(2): pp. 193–213.
22. **Owende, P.M.O., Lyons, J., Haarlau, R., Peltola, A., Spinelli, R., Molano, J and S.M. Ward.** (2002). Operations Protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. University College Dublin, Ireland, 74 pp.
23. **Randveer, T.** (1994). Põdrakahjustused Eesti kuusikutes. *Metsanduslikud uurimused*, nr. 26, lk 131 – 140.
24. **RMK** (2018). Infopäring Järvamaa metskonna harvendusraiete kohta. Käsikirjaline tabel. 3 lk.
25. **RMK Aastaraamat.** (2016). Riigimetsa Majandamise Keskus. Tallinn. 56 lk.
26. **RMK Järvamaa** metskonna metsa majandamise kava aastani 2022. (2013). Riigimetsa Majandamise Keskus. Tallinn, 64 lk.
27. **Roht, U.** 2013. 90 tähtsamat okaspuud. Atlex. 252 lk.
28. **Rähn, E.** (2014). Juuremädanike esinemine hariliku kuuse puistutes harvendusraiete järgselt. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 34 lk
29. **Saar, E.** (1943). Märkmeid püsivmetsamajandusest. *Eesti Mets*, nr 2, lk 37-39.
30. **Schütz, J-P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D.** (2006). Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *European Journal of Forest Research*, Vol. 125, Issue 3, pp. 291–302.
31. **Suvanto, S., Henttonen, H.M., Nöjd, P., Mäkinen, H.** (2016). Forest susceptibility to storm damage is affected by similar factors regardless of storm type: Comparison of thunder storms and autumn extra-tropical cyclones in Finland. *Forest Ecology and Management*, Vol.381, pp. 17- 28.
32. **Swedjemark, G., Stenlid, J.** (1993). Population dynamics of the root rot fungus *Heterobasidion annosum* following thinning of *Picea abies*. *Oikos*, Vol.66, pp. 247-254.

33. **Tannik, M.** (2008). Metslooma saab mõneti üle kavaldata. *Maaleht*, <http://maaleht.delfi.ee/news/maamajandus/uudised/juurepess-rikub-kuusepuidu?id=23958269> (20.04.2018).
34. **Tullus, H.** (2002). The influence of intermediate cuttings on the growth of pine and spruce forests: silvicultural recommendations. *Metsanduslikud uurimused*, nr. 36, lk. 126–135.
35. **Tõnisson, J. Mardiste, M.** (1996). Põtrade talve-eelsest toitumisest. *Metsanduslikud uurimused*, nr. 27. Tartu, lk 155 – 163.
36. **Valinger, E., Pettersson, N.** (1996). Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in Picea Abies in southern Sweden. *Forestry*, Vol. 69, Issue 1. pp. 25-33.
37. **Vasiliauskas, R.** (2001). Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry*, Vol. 74, Issue 4. pp. 319-336.
38. **Zubizarreta-Gerendiain, A., Pellikka, P., Garcia-Gonzalo, J., Ikonen, V.P., Peltola, H.** (2012). Factors affecting wind and snow damage of individual trees in a small management unit in Finland: Assessment based on inventoried damage and mechanistic modelling. *Silva Fennica*, Vol.46(2), pp. 181–196.



**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Sander Lipand,

(sünniaeg 22.06.1993)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

HARVENDUSRAIETEGA MÕJUTATUD KUUSIKUTE SEISUNDI HINDAMINE  
JÄRVAMAA METSKONNAS ,

mille juhendaja on Henn Korjus,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_

allkiri

Tartu, 28.05.2018

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)